ISSN 0376—477X

中華農業研究

第四十八卷 第二期

目 次

台灣落花生種原親緣關係之研究
Ⅱ.應用 RAPD 進行落花生種原親緣關係之研究……范明仁 羅舜芳 許庭榮 楊金興 王昭月 曹文隆 鄭耀星… 67
水芋收穫指數的動態模式……呂秀英 呂椿棠 陳烈夫… 86
施用石灰與硼砂對山葵品質與產量之影響……王鐘和 羅朝村 黃維廷 胡敏夫 林敏雯 丘麗蓉…100
香水百合鱗片之農藥及肥料處理對於叢枝菌根菌接種之影響……吳繼光 林素禎 吳國典 林妙玲 陳文輝…128
叢枝內生菌根菌與溶磷細菌接種對亞洲型百合球莖增大之影響……林素禎 吳繼光 黃山內 洪崑煌…135
菌核鮑魚菇產生菌核之研究……陳美杏 彭金騰…143
臺灣長翅目（昆蟲綱）名錄（英文）……許洞慶 吳文哲 周樑鎰…149
蜂王漿離心分離之研究……陸龍虎 吳登楨 梁連勝 蔡致榮…156

中華民國八十八年六月
臺灣省農業試驗所出版
中華民國 臺灣省 臺中縣 霧峰鄉

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）48(2)：67～85（1999）

台灣落花生種原親緣關係之研究
II.應用 RAPD 進行落花生種原親緣關係之研究[1]

范明仁[2] 羅舜芳[2] 王昭月[2] 許庭榮[2]
曹文隆[3] 楊金興[3] 鄭耀星[4]

摘要：本試驗使用本省過去落花生育種上常用之親本及重要育成品種(系)共 30 種，探討利用逢機增殖多型性DNA (RAPD) 標誌進行親緣關係之判別，並與農藝性狀之結果相互比較，期由歐氏距離做爲將來育種材料選定之參考，以提昇育種效率，並希望能發展出落花生種原判別鑑定之方法。由RAPD試驗結果得知，以Operon 200 個引子經篩選後得 11 個具有多型性的引子(佔 5.5%)，共有 212 條多型性片段，其中OPE13、OPF16 及 OPJ 17 三個引子所產生之多型性片段具有與品種特性有關之分子標誌，分別位於 699 bp、337 bp 及 640 bp 處；此三個分子標誌可作爲 Spanish、Valencia 及 Virginia 三種植物型態之分辨用。另將具多型性之 11 個引子，其 RAPD 電泳圖譜進行未加權算術平均法 (Unweighted Pair-Grouping Mean Arithmetical；UPGMA) 之綜合集群分析以求得樹狀圖；再以集群分析之兩群間最小距離(MD)、複相關係數(RSQ)和標準偏差(RMSSTD)等三項統計值來做爲判斷集群分群個數的依據。當歐氏距離大於 0.83 時可分爲七個族群，第一群爲 Spanish 型之老公仔豆、台南七號及台南選九號；第二群爲 Valencia 型之 PI314817；第三群爲台南十一號育種系統、台農四號育種系統及台南十二號共 9 品系；第四群均爲本地在來種但未運用在育種系統所用之 Virginia 型 4 品系；第五群爲本地種中 Spanish 型之台南白油豆二號；第六群均爲本地種及引進種中之 Spanish 型共 6 品系；第七群爲臺農五號育種系統及 Florispan runner 共 6 品系。由此結果可以清楚得知台南十一號育種系統、台農四號育種系統及臺農五號育種系統之譜系關係，與由 RAPD 所得資料經集群分析結果之分群結果頗爲符合，並與植物型分類結果相符合；依上述結果推論，落花生種原若使用本試驗所得之引子進行歐式距離分析以及親緣關係之探討，應屬相當可行。

關鍵詞：逢機增殖多型性 DNA、群集分析、落花生。

前　言

落花生(*Arachis hypogaea* L.) 種子含粗蛋白 22～30%及油分 44～56%，組成份佳，且適口性及續食性高又具有獨特芳香[(4)]，加上其耐旱性及耐瘠性之特性，故其用途甚廣，爲世界上重要的經濟作物，亦爲臺灣的主要雜糧作物之一；目前臺灣種植面積約爲 3 萬 5 千公頃，產量 8 萬餘公噸[(5)]，亦爲我國

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1976 號。
2. 本所作物種原室研究員兼主任、約聘助理、助理研究員、約聘助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所農藝系助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
4. 行政院農業委員會農糧處農產科技正。臺北市。

爲因應加入 WTO 後之重點發展產業作物之一。本省落花生目前雖單位面積產量及品質大幅提高，但卻因競爭作物大量廉價進口，油用消耗量減少，生產成本高漲，而喪失競爭力。將來貿易自由化後，本省落花生產業，首務爲創造新風味、口感的品種並大幅降低生產成本，提高單位面積產量及品質，及以機械化作業取代人工，再配合落花生產品加工利用之多樣化，尤其是大粒鮮莢果加工產品之開發，才能提昇省產落花生之競爭力，而此有待加強落花生品種改良，栽培改進，以及加強產銷及加工利用方面之研究。

植物育種專利(Plant Breeder's Right, PBR) 推行以來，品種鑑定已日益凸顯重要性。品種鑑定方法早期大多利用植株外表型態的觀察[19,26]，然而由外表型態進行品種鑑定耗時且易受環境因子影響[28]；而無法達到完全鑑定區別的目的。

近年來已可利用分子生物技術，直接由DNA序列上的差異來進行品種鑑定，一般而言DNA序列不受生理及環境因子之影響，且所代表的遺傳資訊更多，用於種原鑑別上更爲精準及高效率。目前較常用之技術爲限制酵素切割片段長度多型性(Restriction Fragment Length Polymorphism, RFLP)、逢機增殖多型性 DNA 標誌 (Randomly Amplified Polymorphic DNA, RAPD) 及增殖片段長度多型性 (Amplified Fragment Length Polymorphism, AFLP)。其中 1980 年由 Botstein[8]等人提出之 RFLP，及 Vos[45]等人於 1995 年應用 RFLP 與 RAPD 的原理所提出之 AFLP 之方法，由於經過限制酵素切割，可得到大量具有樣品獨特差異之專一性片段，且產生之條帶多達 30-50 條，故所獲得之分子標誌比 RAPD 多，再現性亦穩定，極適合進行大規模樣品分析，RFLP 及 AFLP 方法於品種鑑定上均具有高度正確性及信賴度；唯試驗操作上技術性高且繁瑣，常須使用放射性物質，其中 RFLP 並須取得 DNA 序列組合之相關資料，試驗流程耗時極長，且所須之植物體之 DNA 量較 RAPD 多[43]；因而在種原鑑定上，RAPD 一般被認爲具有快速、準確之優點而較常使用。

目前逢機增殖多型性 DNA 標誌應用於分析植物基因上之研究報導甚多，包括有：特定基因之分析[12,31]、營養繁殖體基因特性與變異之分析[9,24]、種間基因分析與鑑定[11,36,47,50]、栽培品種鑑定與分類[41,46,48,49]、作物親緣關係之研究[23,29,33]。而近幾年間已有水稻、小麥、十字花科蔬菜、馬鈴薯、櫻桃、豆科等多數作物的種原鑑別或基因分析研究報告提出[6,7,10,13,14,25,32.38,42,44]。

落花生種原利用同功異構酵素[30,40]及種子蛋白質圖譜[39]鑑別時，可供判別之差異性極小。Halward 等人[14,17]曾於 1991 及 1992 年時以 RAPD 分子標誌技術探討美國野生種及栽培種落花生的遺傳變異及親緣關係。由 RAPD 之電泳結果上顯示在栽培種中呈現低度之遺傳變異性；野生種則具有較高之遺傳變異，而 Kochert 等[21,27,37]學者以 RAPD 及 RFLP 鑑別落花生野生種及栽培種之種原時亦有相同之結果。1997 年 He 等[20]以野生種 *A. duranensis* 之 RAPD 圖譜集群分析結果發現與地域分佈關係相符合。1995 年 Garcia 等[13,14] 利用 RAPD 分子標誌來鑑定落花生種原及特殊性狀基因之篩選，其結果亦認爲栽培種落花生遺傳歧異度低。因此，利用 RAPD 技術鑑定，在技術上仍需進一步研究探討。

應用農藝性狀雖可將這些品種做初步之判別，但鑑於栽培種落花生遺傳歧異度低，且農藝性狀常受環境之影響而無法表現出原有之性狀，如 Virginia 型之大粒種在本省之環境下常無法表現，另育種過程上常於 Spanish 型導入 Virginia 型，如此更增加判別上之困難；有鑑於此，乃嘗試以 RAPD 分子標誌，並以較大量之引子篩選，期能於 DNA 分子層次上探討本省落花生種原之親緣關係及種原鑑定之判定。

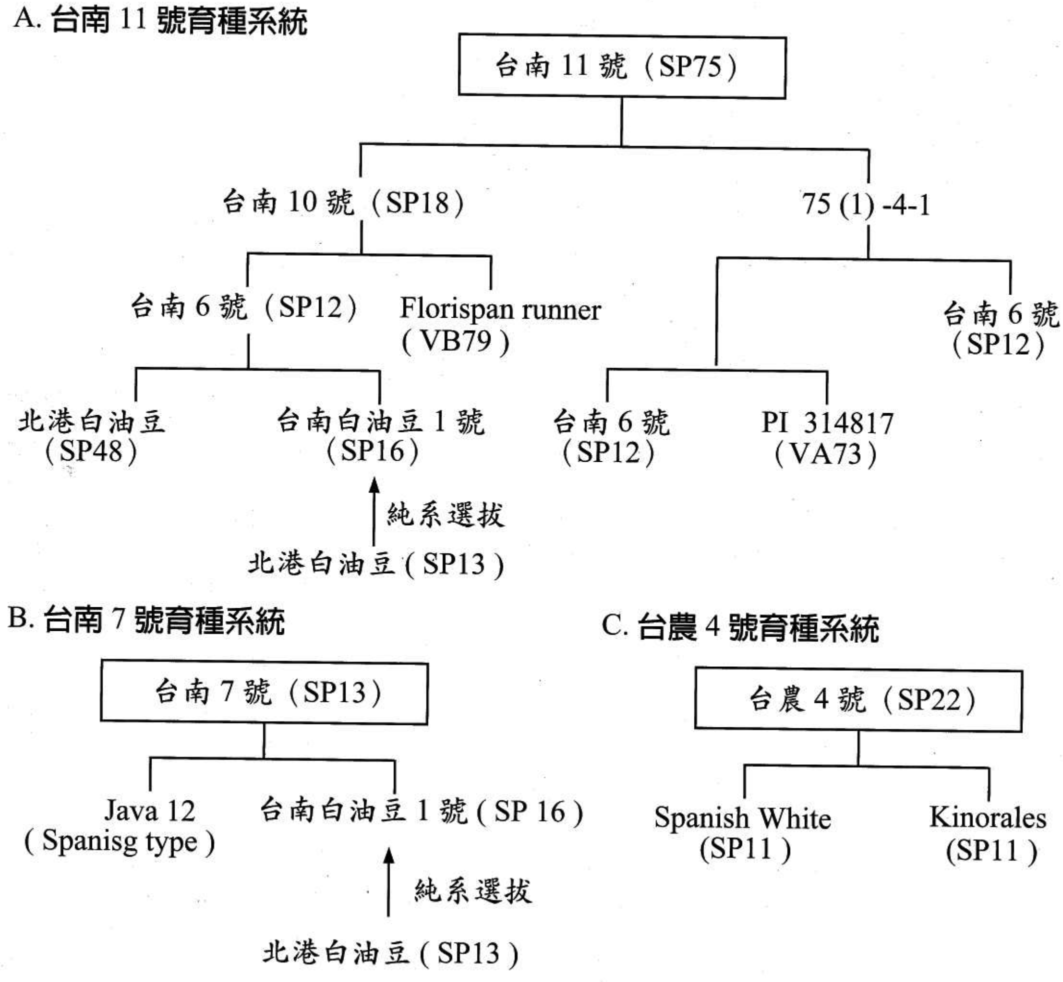
故本試驗以台灣過去落花生育種上主要的材料及育成之重要品種爲材料，應用逢機增殖多型性 DNA 標誌(RAPD markers)技術，進行親緣關係之鑑定，並與農藝性狀之統計分析結果相互比較。以期瞭解臺灣落花生種原的親緣關係，並做爲將來育種材料選定之參考，以提昇育種效率；同時，亦希望能發展出落花生種原判別鑑定之方法，以爲國家作物種原中心區別與鑑定落花生種

原之利用。

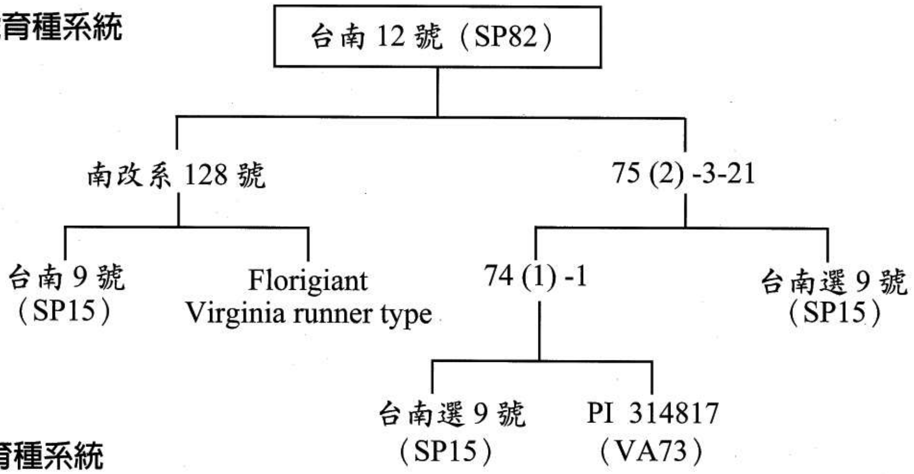
材料及方法

一、試驗材料

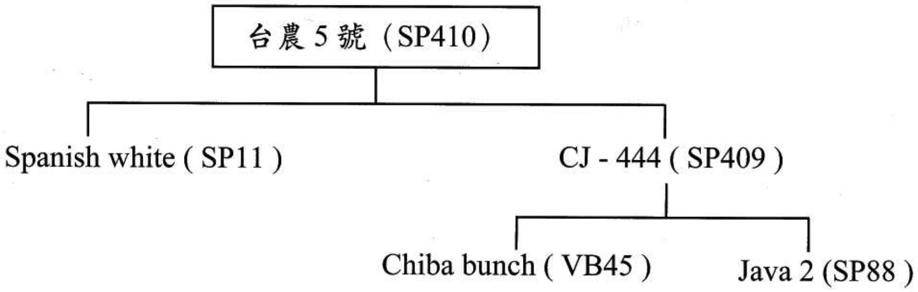
本試驗以本省過去落花生育種上常用之親本及育成之重要品種(系) 30 種，做爲供試材料。依其育種譜系關係分成七大群(圖 1)，包括台南白油豆一號、台南白油豆二號、台南六號、台南七號、台南選九號、台南十號、台南十一號、台南十二號、北港白油豆、PI314817、Florispan runner、台農一號、台農二號、台農三號、台農四號、台農五號、Kinorales、Spanish white、CJ444、Chiba bunch、Java2、Spanish small、懷遠種、金門種、Imp. sp. 2-B-48-1、澎湖二號、鴛鴦豆、老公仔豆、立枝仔及大冇。栽培種落花生依其植物型可分成Spanish型、Valencia 型、Virginia bunch 型、Virginia runner 型等四型，本試驗供試品系中 Spanish 型有 22 個品種(系)，Virginia runner 型有 3 個品種(系)，Virginia bunch 型有 3 個品種(系)及 Valencia 型有 2 個品種(系)；供試的 30 個品種(系)之落花生名稱、縮寫代號、RAPD 電泳圖譜代號、植物分類學所屬亞種及變種學名詳如表 1。



D. **台南 12 號育種系統**



E. **台農 5 號育種系統**



F. **本地種選育群**

4. 澎湖 2 號**(VR17)** ←(純系選拔)— 鴛鴦豆**(VR20)**

5. 台南白油豆 1 號**(SP16)** ←(純系選拔)— 北港白油豆**(SP48)**

6. 台南白油豆 2 號**(SP17)** ←(純系選拔)— 善化白油豆

7. 台農 1 號**(SP19)** ←(純系選拔)— 懷遠種花生**(SP60)**

8. 台農 2 號**(SP20)** ←(純系選拔)— 金門種花生**(SP62)**

G. **國外引進種選育群**

1. 台農 3 號 **(SP21)** ←(純系選拔)— **Imp. sp. 2-B-48-1 (SP216)** ←(純系選拔)— **Imp. Spanish** (美國引進)

2. **Spanish white (SP11)** (美國引進)
3. **Spanish small (SP325)** (美國引進)
4. **Florispan runner (VB79)** (美國佛羅里達州引進)
5. **PI 314817 (VA73)** (美國引進)
6. 台南選 9 號 **(SP15)** ←純系選拔— **Giay** (越南永隆省引進)
7. **Kinorales (VA12)** (越南引進)
8. **Java 2 (SP88)** (印尼爪哇引進)
9. **Chiba bunch (VB45)** (日本引進)
10. **CJ-444 (SP409)** — **Chiba bunch (VB45)** (日本引進) / **Java 2 (SP88)** (印尼爪哇引進)

圖 1. 三十個品種（系）落花生育種譜系圖。

Fig.1. Pedigree maps of breeding systems of 30 peanut varieties.

表 1. 供試落花生(*A. hypogaea*)之品種(系)名稱、RAPD 代號、植物型以及依分類學所屬之亞種及變種學名

Table 1. RAPD code, cultivar name, variety code, plant botanical type and scientific name of subspecies and variety of peanuts used for RAPD analysis

RAPD code	Cultivar name	Variety code	Plant botanical type	Scientific name	
				Subspecie	variety
1	Florispan runner	VB79	Virginia bunch	*Hypogaea*	*hypogaea*
2	臺南白油豆二號	SP17	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
3	臺南十號	SP18	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
4	臺南六號	SP12	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
5	臺南十一號	SP75	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
6	PI 314817	VA73	Valencia	*Fastigiata*	*fastigiata*
7	北港白油豆	SP48	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
8	臺南白油豆一號	SP16	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
9	臺農四號	SP22	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
10	Spanish small	SP325	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
11	Kinorales	VA12	Valencia	*Fastigiata*	*fastigiata*
12	臺南七號	SP13	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
13	臺南選九號	SP15	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
14	老公仔豆	SP46	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
15	臺南十二號	SP82	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
16	Chiba bunch	VB45	Virginia bunch	*Hypogaea*	*hypogaea*
17	Java 2	SP88	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
18	CJ-444	SP409	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
19	Spanish white	SP11	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
20	臺農五號	SP410	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
21	臺農一號	SP19	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
22	懷遠花生	SP60	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
23	臺農二號	SP20	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
24	金門種	SP62	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
25	臺農三號	SP21	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
26	Imp. sp. 2-B-48-1	SP216	Spanish	*Fastigiata*	*vulgaris*
27	澎湖二號	VR17	Virginia runner	*Hypogaea*	*hypogaea*
28	大冇	VR19	Virginia runner	*Hypogaea*	*hypogaea*
29	立枝仔	VB12	Virginia runner	*Hypogaea*	*hypogaea*
30	鴛鴦豆	VR20	Virginia runner	*Hypogaea*	*hypogaea*

二、試驗方法

㈠ 落花生總 DNA 之萃取：

依試驗材料將 30 品種(系)落花生種子經置床發芽一週後，取幼苗之下胚軸 (0.5 g)，用液態氮冰凍後，磨成粉狀放入 45ml 離心管，加入 30μl RNase (5 mg/ml) 及 15 ml 萃取緩衝液[14.25 ml TNE buffer pH 8.0 (500 mM NaCl；100 mM Tris base；50 mM EDTA disodium)；1% SDS (sodium dodecylsulfate)；0.2% 2-mercaptoethanol] 混勻後，置於 65℃ 水浴 10 分鐘，輕輕混勻。再加入 4 ml 之 5M potassium acetate 混合均勻後置於冰上 20 分鐘。於 4℃，15,000 rpm 離心 (BECKMAN J2-MC，rotor 8256) 15 分鐘，再以 Miracloth (CALBIOCHEM®) 過濾；將上清液加入等體積之 phenol/chloroform/isoamylalcohol (25:24:1) 15 ml 振盪 30 秒，於室溫中以 12,000 rpm 離心 10 分鐘，取上層液加入等體積之 isopropyl alcohol 置室溫中 30 分鐘使 DNA 沉澱。再以 12,000 rpm 離心 15 分鐘，倒掉上清液，將沉澱物以冷凍乾燥濃縮離心機 (Jouan RC 10.10)乾燥之，以 0.5 ml TE 緩衝液 (10 mM Tris-HCl，pH 8.0；1 mM EDTA，pH 8.0) 溶解 DNA 沉澱物，並稀釋 100 倍以分光光譜儀 (HITACHI U-3000)測定 260 nm 之吸收值，再換算成 DNA 濃度。將 DNA 濃度稀釋成 5 ng/μl，貯存於 -20℃中，做爲聚合酵素連鎖反應 (Polymerase Chain Reaction；PCR) 之模版 DNA。

㈡ 隨意引子聚合酵素連鎖反應 (Arbitrary Primer Polymerase Chain Reaction；AP-PCR)：

1. 聚合酵素連鎖反應液：

將上述稀釋過之 DNA 爲模板，引子爲購自 Operon Technologies 公司之 10 個核甘酸序列的隨意引子，OPA、OPB、OPC、OPD、OPE、OPF、OPG、OPH、OPI 及 OPJ 等十組，每組各 20 個，共 200 個。

反應溶液參考 Oard 和 Dronavalli (1992)[35]，反應液總體積爲 25μl。於 0.5 ml 微量尖底離心管內加入 1 unit Taq polymerase (Promega)，1 X PCR buffer (50 mM KCl，10 mM Tris-HCl pH 9.0，0.1% Triton®X-100)(Promega)，2.5 mM $MgCl_2$，200μM dNTP，0.2μM primer 及 25 ng template DNA，上面覆蓋 30μl 之 minerol oil，以聚合酵素連鎖反應器(Perkin Elmer DNA Thermal Cycler 480)進行反應。反應溫度條件設定如下：第 1 次循環：94℃ 3 分鐘後降至 37℃ 1 分鐘，再升溫至 72℃ 1 分鐘；再以 94℃ 1 分鐘，37℃ 1 分鐘，72℃ 2 分鐘進行 44 個循環。整個反應流程約須 5 小時。反應結束後取出，保存於 -20℃冰箱中，以備電泳。

2. 電泳及影像儲存：

取 15μl 之聚合酵素連鎖反應增殖 DNA，加入 6 倍的電泳緩衝液 (6 X loading buffer：0.25% bromophenol blue，0.25% xylene cyanol 及 40% W/V sucrose)，以 2% agarose gel 在 TAE buffer (40 mM Tris-acetate，pH 8.0；1 mM EDTA)中進行電泳。核甘酸分子量標示係採用ϕ×174 RF DNA/*Hae*Ⅲ (BioLabs)爲標示，以計算 DNA 條帶之分子量。電泳槽係採用 Cosmo Bio. Lo .,LTD., Mupid-2，電壓爲 110 伏特，電泳後約 30 分鐘後將膠片置於 0.5 mg/ml ethidium bromide 中染色約 5-10 分鐘，以紫外線呈像後以 Alpha Innotech Corporation IS-500 Gel Documentation System 之膠體影像處理系統照相並儲存影像。

3. 資料分析：

將儲存之影像經影像分析軟體(GelCompar™，Applied Meth BVBA)求得數位化之數據，以 Mumm 等[34]發表之方法，利用 PC-SAS 電腦程式分別依據 Dice's coefficient [$2N_{AB}/(N_A+N_B)$；N_{AB}：A 樣品及 B 樣品相同之條帶數，N_A：A 樣品條帶總數，N_B：B 樣品條帶總數]或 Jaccard's coefficient [$N_{AB}/(N_A+N_B-N_{AB})$]爲基礎計算歐式距離矩陣 (matrix for Euclidean distances)及相異距離矩陣(Dissimilarity matrix)，再以未加權算術平均法(Unweighted Pair-Grouping Mean Arithmetical；UPGMA)之集群(cluster)分析，建立其樹狀圖(dandrogram)及求得相異距離

(Dissimilarity distance)，並以集群分析中所得到 29 個集群的標準化之最小距離(mini distance；MD)、複相關係數(RSQ)和所有變數之標準偏差(RMSSTD)等三項統計值來做爲判斷集群個數的依據(1)。

結　果

本試驗以 200 個引子(Operon Technologies, Inc, Alameda, Calif. OPA-OPJ)，經 RAPD 分析結果，篩得具有多型性且再現性良好的引子 11 個，比率數爲 5.5%；而其中之 OPF16、OPE13 及 OPJ17 三個引子所產生之三個多型性片段(OPE13-699 bp;OPF16-337 bp；OPJ17-640 bp) 之存在與否與落花生之植物型態的特徵呈相關特性 (表 2)。以 OPF16 而言，在 337 bp 有一標誌條帶(OPF16-337 bp)，爲 Valencia 型及 Virginia 型所特有，但 Spanish 型則全部沒有(圖 2B)。Valencia 型及 Spanish 型中除了 CJ-444 (SP409，RAPD code 18)外，使用 OPE13 引子在 699 bp 處均有一標誌條帶(OPE13-699 bp)，而 Virginia bunch 型及 CJ-444 (SP409，RAPD code 18)皆缺失此條帶(圖 2A)。由 OPJ17 引子所得之結果顯示在 640 bp 處有一個標誌條帶(OPJ17-640)，CJ-444 與 Virginia bunch 、Virginia runner 型，均具有此條帶，而 Kinorales (VA12，RAPD code 11) 及 CJ-444 外之其餘 Spanish 型品系均無此條帶，此結果亦與 OPE13 之結果相似(圖 2C)。由 RAPD 電泳之結果與植物型分類相比對(表 3)，引子 OPE13 所產生之 699 bp 條帶，可爲區分 Virginia 型與 Spanish 型、Valencia 型之標誌條帶；另外，引子 OPF16 所產生之 337 bp 之條帶可區分出 Spanish 型與 Valencia 型、Virginia 型，而引子 OPJ17 所產生之 640 bp 條帶，可做爲 Spanish 型與 Valencia 型、Virginia 型之植物型態分群時之輔助標誌；綜合上述，以此三個標誌條帶可清楚做爲鑑別 Virginia 型、Valencia 型與 Spanish 型等三種植物型態之分子標誌條帶。

表 2. DNA 標誌條帶在三十個落花生品系出現之情形

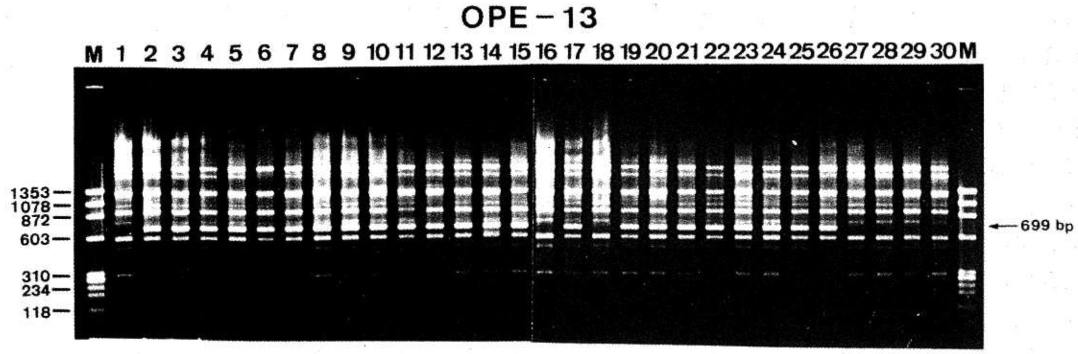
Table 2. Appearance of DNA marker bands within 30 varieties of peanut

Primer	Product size	VB79	SP17	SP18	SP12	SP75	VA73	SP48	SP16	SP22	SP325	VA12	SP13	SP15	SP46	SP82
OPE13	699bp	−[z]	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
OPF16	337bp	+	−	−	−	−	+	−	−	−	−	+	−	−	−	−
OPJ17	640bp	+	−	−	−	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−

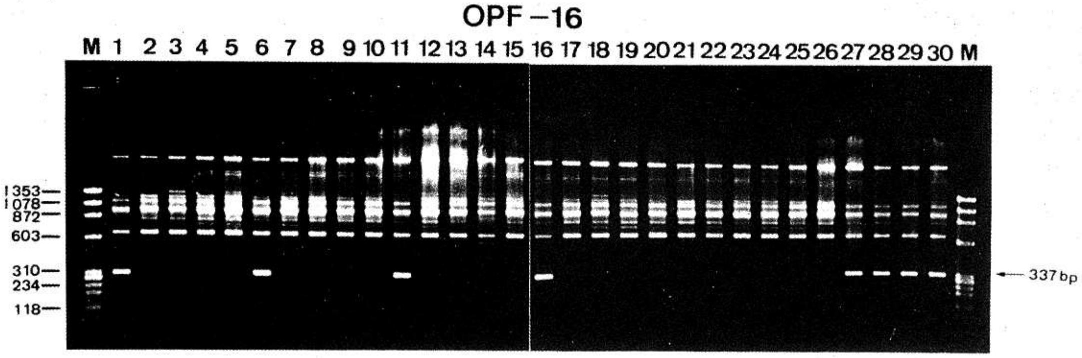
Primer	Product size	VB45	SP88	SP409	SP11	SP410	SP19	SP60	SP20	SP62	SP21	SP216	VR17	VR19	VB12	VR20
OPE13	699bp	−	+	−	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−
OPF16	337bp	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+
OPJ17	640bp	+	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+

z +: band is present; −: band is absent.

(A)



(B)



(C)

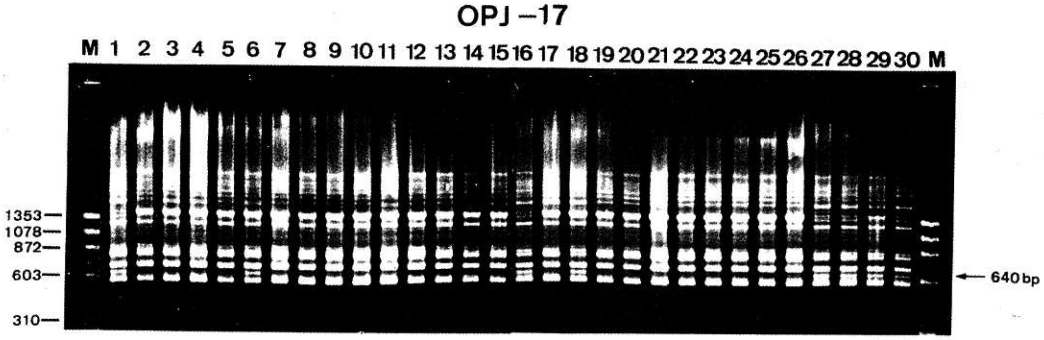


圖 2. 落花生三十個品種(系)應用RAPD所得之電泳圖譜可獲得因植物型分類之標誌條帶；(A)以OPE13 爲引子：Valencia 型及 Spanish 型在 699 bp 處均有一明顯之 marker band，而 Virginia 型及 SP409 則無此條帶；(B)以 OPF16 爲引子：Valencia 型及 Virginia 型在 337 bp 處均有一明顯之 marker band，而 Spanish 型則無此條帶；(C) 以 OPJ17 爲引子：Virginia 型、VA73 及 SP409 在 640 bp 處均有一明顯之 marker band，而 Spanish 型及 VA12 則無此條帶。M 爲ϕ×174 RF DNA/*Hae*Ⅲ Digest ；各樣品代號如表 1。

Fig. 2. RAPD profiles which has RAPD markers within the 30 varieties (lines) of peanut. (A) Generated by primer OPE13: Valencia type and Spanish type have a significantly marker band in 699 bp, but Virginia type and SP409 not. (B) Generated by primer OPF16: Valencia type and Virginia type have a significantly marker band in 337 bp, but Spanish type not. (C) Generated by primer OPJ17: Virginia type, VA73 and SP409 have a significantly marker band in 640 bp, but Spanish type and VA12 not. M: DNA markers, ϕ×174RF DNA/*Hae*Ⅲ digest; numbers on the top are the RAPD code listed in Table 1.

將 OPB2、OPB14 、 OPE13 、 OPF15 、 OPF16 、 OPF18、OPF19、OPG12、 OPH9 、 OPH11 及 OPJ17 等 11 個引子進行 RAPD 反應，共得到 212 個多型性條帶，平均每個引子可產生 19 個多型性條帶，以 Dice's coefficient 計算得之歐氏距離介於 0.34 與 0.71 之間，而以 Jaccard's coefficient 計算得之歐氏距離介於 0.45 與 0.82 之間；其中最小距離存在於台南白油豆一號(SP16)與台農四號(SP22)之間，而最大距離存在於台南七號 (SP13) 與 Chiba bunch (VB45)之間。再以 PC-SAS 軟體計算 Dice's coefficient 及 Jaccard's coefficient 方法的相異距離矩陣(Dissimilarity distance matrix)，並以此一相異距離矩陣進而做集群分析，由其結果發現 Dice's coefficient 及 Jaccard's coefficient 相異距離矩陣結果相似。因此，本研究僅以Dice's coefficient之相異距離矩陣結果加以討論；Dice's coefficient 相異距離矩陣經由集群分析後可得到 29 個集群的標準化之兩群間最小距離(MD)、複相關係數(RSQ)和所有變數之標準偏差 (RMSSTD) (表 4)等三項統計值來做爲判斷集群個數的依據。由標準化的兩群間最小距離(MD)資料得知，一開始的下降變化很大而在第 2 群(0.956)後的變化幅度開始減緩，至第 7 群 (0.825) 時其後任意二群間的 MD 變化程度均很小，顯示群間差異小於群內，故在第 7 群後不再分群。其次，以複相關係數(RSQ)得知，一開始的上昇變化很大而在第 2 群(0.292)後的變化幅度開始減緩，至第 7 群(0.545)時其後任意二群間的 RSQ 變化程度均很小，故亦應以 7 個集群的區分等級來做分群的標準。最後，以所有變數之標準偏差(RMSSTD)之資料亦可知，一開始的下降變化亦很大而在第 2 群(0.110)至第 4 群(0.104)、第 4 群(0.104)至第 6 群(0.102)以及第 6 群 (0.102) 至第 8 群 (0.099)間的升降變化均開始減小，而後其它任意二群間的 RMSSTD 開始減小的變化程度均較小且不合適，故可知以 3 個集群、5 個集群和 7 個集群等三種集群區分等級來做分群的標準是較爲理想。但是，若將RMSSTD的分群結果和MD、RSQ來做比較，同時並考慮到 30 種落花生品種(系)所區分的五組育種系統或二類選育群，本文則僅採用 3 個集群和 7 個集群等二種集群區分等級來分析；基本上由MD、RMSSTD及RSQ之資料，可知本試驗之結果可以分成 7 個集群，而不宜再細分下去。另外，在僅分成 3 個集群時，可以與植物型之判別做一比對，故亦深具意義。

以其兩群間最小距離 (MD) 大於 0.93 爲分群依據時可分成三群 (圖 3)，此時每群距離平均爲 1.0；第一群除 PI314817 (VA73)及 Kinorales (VA12) 屬 Valencia 型外，其它品系均爲 Spanish 型，此群包含台南十一號 (SP75)、台南選九號 (SP15)、台南白油豆一號 (SP16)、北港白油豆 (SP48)、台南六號 (SP12)、台南十號 (SP18)、PI314817 (VA73)、台南七號 (SP13)、台南十二號 (SP82)、Spanish small (SP325)、台農四號 (SP22)、Kinorales (VA12)及老公仔豆 (SP46) 等共 13 品系；除老公仔豆爲地方在來種及 Spanish small (SP325) 爲國外引進種外，均分別屬於台南十一號育種系統(圖 1A)、台南七號育種系統(圖 1B)、台南十二號育種系統 (圖 1D) 及台農四號育種系統 (圖 1C)，且此四個育種系統之親本僅 Florispan runner (VB79) 及 Spanish white (SP11) 不在此群中。第二群主要爲本地種及國外引進種中之 Spanish 型(圖 1F, 1G)及台農五號育種系統 (圖 1E)，包括台南白油豆二號 (SP17)、台農三號 (SP21)、金門種花生(SP62)、Imp. sp. 2-B-48-1(SP216)、懷遠種花生 (SP60) 、台農二號 (SP20)、台農一號 (SP19)、台農五號 (SP410)、CJ-444 (SP409)、Spanish white (SP11)、Java 2 (SP88)、Chiba bunch (VB45) 及 Florispan runner (VB79)等共 13 品系；其中只有 Chiba bunch (VB45) 及 Florispan runner (VB79) 爲 Virginia bunch 型，其他 11 品系均爲 Spanish 型。第三群則均屬本地種及國外引進種中之 Virginia bunch 及 Virginia runner 型(圖 1F, 1G)，包括鴛鴦豆 (VR20)、大冇 (VR19)、立枝仔 (VB12) 及澎湖二號 (VR17) 等四品系；因此，分成三群時，可呈現出依植物型之 Spanish 型、Valencia 型及 Virginia 型而分群，並且亦可由其次集群呈現出台南七號育種系統、台南十一號育種系統、台南十二號育種系統、台農四號育種系統及台農五號育種系統之育種譜系關係。

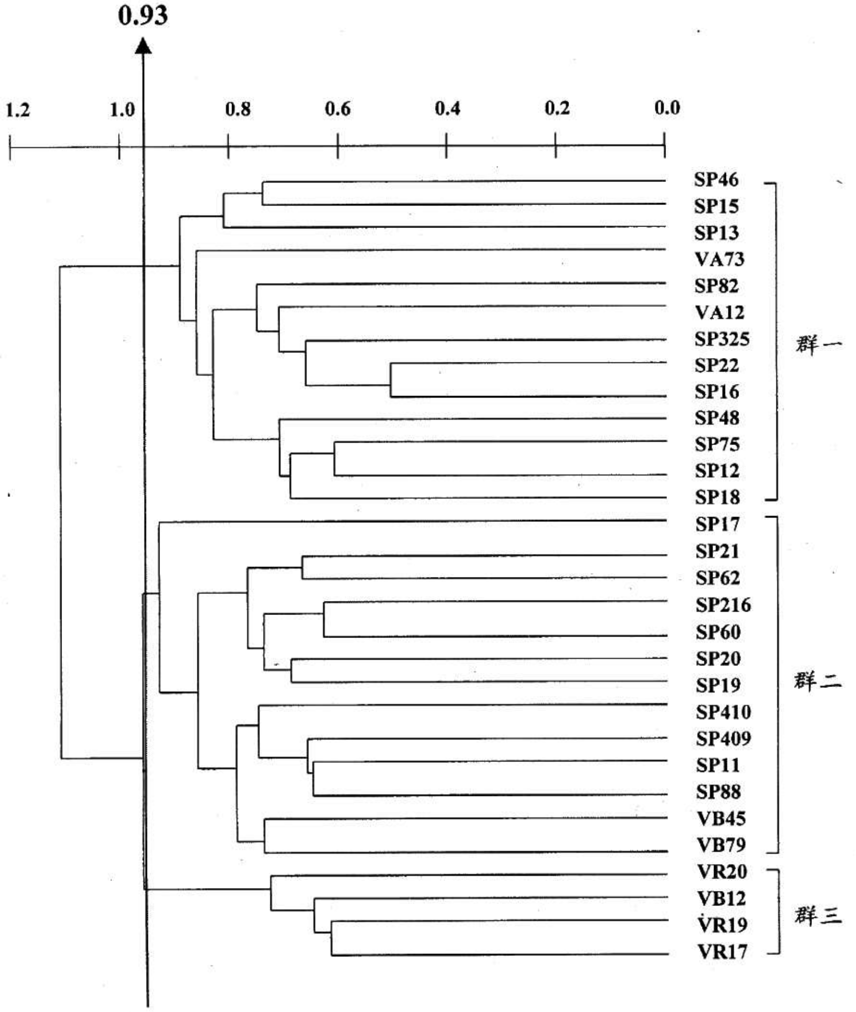


圖 3. 落花生三十個品種(系)綜合十一個引子 (OPB2、OPB14、OPE13、OPG12、OPF15、OPF16、OPF18、OPF19、OPH9、OPH11 及 OPJ17) 以 Dice's 係數計算之歐氏距離爲基礎所構築之 RAPD 群集分析樹狀圖。當兩群間最小距離大於 0.93 時，可以歸納成三群。

Fig. 3. RAPD dendrogram of 30 varieties (lines) of *Arachis hypogaea* L. in this study by eleven primers (OPB2、OPB14、OPE 13、OPG12、OPF15、OPF16、OPF18、OPF19、OPH9、OPH11 and OPJ17) and constructed by UPGMA cluster analysis based on the Euclidean distances of Dice's coefficient. When the mini distance (MD) is more than 0.93, these samples can be divided into 3 main clusters.

表 3. RAPD 特定分子片段與植物生長型態之關係

Table 3. The relationship of RAPD marker band and plant botanic type

Primer	Product size	Spanish type	Valencia type	Virginia bunch type	Virginia runner type
OPE13	699bp	+ [z]	+	−	−
OPF16	337bp	−	+	+	+
OPJ17	640bp	−	±	+	+

z +: band is present; −: band is absent; ±: band may be present or absent depending on different varieties.

依據此樹狀圖另以其兩群間最小距離 (MD)大於 0.83 爲分群依據進一步將其分爲七個族群(圖 4)，此時每群平均距離 0.92，而後 8-29 群每群平均距離爲 0.70，已有部份群間距離小於群內之距離，不需再分群。在分成七群時，第一群爲 Spanish 型之老公仔豆 (SP46)、台南七號 (SP13)及台南選九號 (SP15)；第二群爲 Valencia 型之 PI314817 (VA73)；第三群爲台南十一號育種系統、台農四號育種系統、台南十二號及國外引進種 Spanish small (SP325)共 9 品系，包括台南十二號(SP82)、Spanish small (SP325)、台農四號 (SP22)、Kinorales (VA12) 、台南白油豆一號(SP16)、北港白油豆(SP48)、台南十一號(SP75)、台南六號(SP12)及台南十號(SP18)；第四群均爲本地種之 Virginia 型 4 品系，包括鴛鴦豆(VR20)、大冇

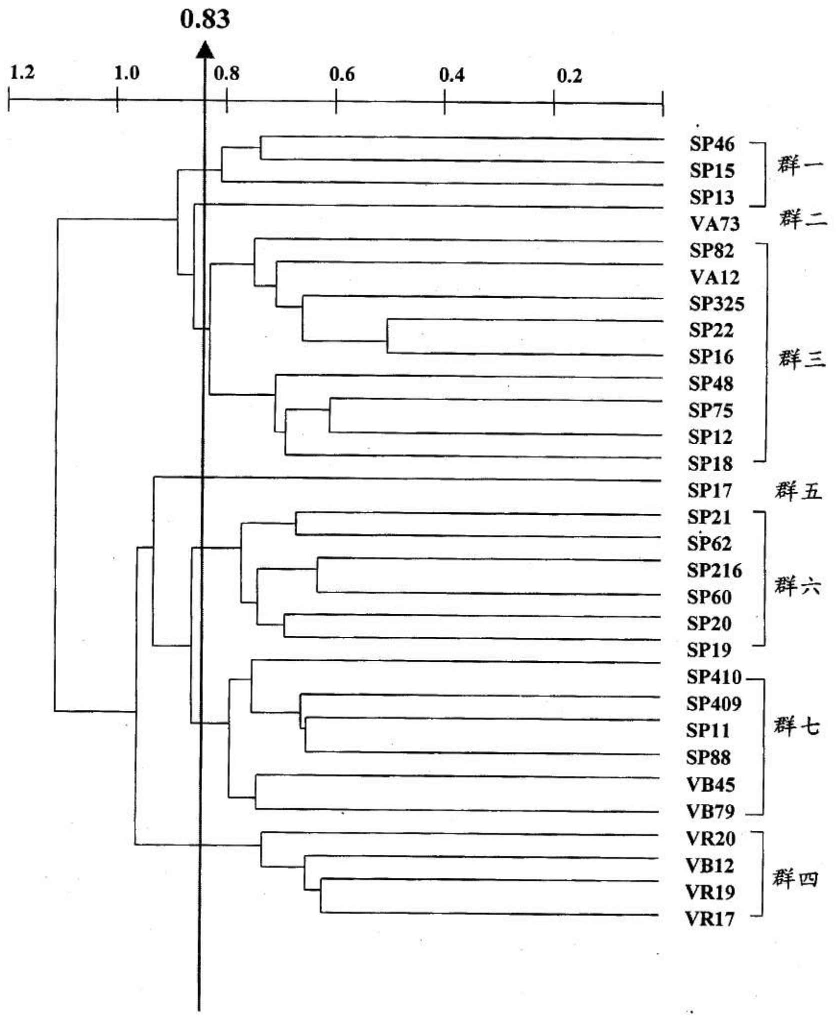


圖 4. 落花生三十個品種(系)綜合十一個引子 (OPB2、OPB14、OPE13、OPG12、OPF15、OPF16、OPF18、OPF19、OPH9、OPH11 及 OPJ17) 以 Dice's 係數計算之歐氏距離爲基礎所構築之 RAPD 群集分析樹狀圖。當兩群間最小距離大於 0.83 時，可以歸納成七群。

Fig. 4. RAPD dendrogram of 30 varieties (lines) of *Arachis hypogaea* L. in this study by eleven primers (OPB2、OPB14、OPE13、OPG12、OPF15、OPF16、OPF18、OPF19、OPH9、OPH11 and OPJ17) and constructed by UPGMA cluster analysis based on the Euclidean distances of Dice's coefficient. When the mini distance (MD) is more than 0.83, these samples can be divided into 7 main clusters.

(VR19)、立枝仔(VB12)及澎湖二號(VR17)；第五群爲本地種中 Spanish 型之台南白油豆二號 (SP17)；第六群包括台農三號(SP21)、金門種花生(SP62)、Imp. sp. 2-B-48-1(SP216)、懷遠種花生(SP60)、台農二號(SP20)及台農一號(SP19) 共 6 品系，均爲本地種及國外引進種中之 Spanish 型；第七群爲台農五號(SP410)、CJ-444 (SP409)、Spanish white (SP11)、Java 2 (SP88)、Chiba bunch (VB45)等均屬台農五號育種系統及 Florispan runner (VB79) 共 6 品系。其中只有 Chiba bunch (VB45)及 Florispan runner (VB79)爲 Virginia bunch 型，其他 4 品系均爲 Spanish 型。由此顯示，當分成七群時可更進一步明顯劃分出台南十一號育種系統(群三)、台農四號育種系統(群三)及臺農五號育種系統(群七)之育種譜系關係(圖 1)，並可將本地種及國外引進種中與此五個育種譜系無關者之 Spanish 型及 Virginia 型清楚分群(群四、群五及群六)。由此結果可以清晰得知台南七號育種系統、台南十一號育種系統、台南十二號育種系統、台農四號育種系統及臺農五號育種系統之譜系關係，與由 RAPD 所得資料經集群分析結果之分群結果相當一致，並與植物型分類結果相符合。依上述結果推論，落花生種原若使用本試驗所得之引子進行親緣關係之探討，應屬可行。

表 4. 落花生三十品種(系)之 RAPD 圖譜經集群分析後之標準偏差、複相關係數及兩群間最小距離的三種統計值表
Table 4. The table of 3 statistical values, including RMSSTD, RSQ and MD (norm), is calculated by cluster analysis of RAPD profiles of 30 peanut varieties (lines)

群 數 No. of cluster	所有變數之標準偏差 RMSSTD	複相關係數 RSQ	兩群間最小距離 MD(norm)
29	0.006351	0.99110	0.508068
28	0.07644	0.97820	0.611539
27	0.07879	0.96450	0.630378
26	0.07966	0.95049	0.637304
25	0.07686	0.93332	0.661941
24	0.08169	0.91756	0.664883
23	0.08333	0.90223	0.666634
22	0.08372	0.88662	0.671369
21	0.08472	0.87078	0.677808
20	0.08270	0.85348	0.685331
19	0.08792	0.83642	0.703414
18	0.08555	0.81816	0.706429
17	0.08301	0.79861	0.709908
16	0.08714	0.77779	0.738187
15	0.09252	0.75889	0.740204
14	0.09037	0.73588	0.747600
13	0.08739	0.71409	0.748601
12	0.09376	0.69469	0.750128
11	0.08964	0.67242	0.761580
10	0.09396	0.64491	0.781074
9	0.09543	0.61701	0.798073
8	0.09950	0.59221	0.822488
7	0.09618	0.54475	0.825133
6	0.10180	0.49106	0.858965
5	0.09859	0.46134	0.861439
4	0.10352	0.41428	0.887038
3	0.10413	0.37874	0.928569
2	0.10960	0.29197	0.955983
1	0.12499	0.00000	1.119413

討　論

本試驗所使用之三十個品種(系)落花生，均屬栽培種落花生，依其育種譜系關係可分成七組(圖1)。栽培種落花生可分成二亞種，即 *Arachis hypogaea* spp. *hypogaea* 及 *A. hypogaea* spp. *fastigiata*，而每一亞種又可分爲二植物學上之變種，且依其植物型態，共可分成 Spanish、Valencia、Virginia bunch、Virginia runner 等四型，亦有人將 Virginia bunch 及 Virginia runner 二型合稱爲 Virginia 型；其型間在植株、莢果及種子性狀上皆有明顯不同。其中以 Virginia bunch 型及 Virginia runner 型(同屬於 *A. hypogaea* ssp. *hypogaea* var. *hypogaea*)最爲相近。爲匍匐型，主軸上無花序。Spanish 型(*A. hypogaea* ssp. *fastigiata* var. *vulgaris* Harz.)與 Valencia 型(*A. hypogaea* ssp. *fastigiata* var. *fastigiata*)有部份性狀相似，爲直立型，主軸上有花序，而 Spanish 型與 Virginia 型 (Virginia runner 及 Virginia bunch)差距最大。 Gregory 等人[15]於 1980 年的研究報告中曾將落花生各亞種依其變異中心之地理區域加以分類，其中 *A. hypogaea* ssp. *hypogaea* var. *hypogaea* 多分佈於 Bolivian 及 Amazonia，屬 Virginia 型；*A. hypogaea* ssp. *fastigiata* var. *fastigiata* 分佈於 Guaranian，Goias， Minas Gerais，Peruvian 及 Northeast Brazil，除 Peruvian 外均爲 Valencia 型；而 *A. hypogaea* ssp. *fastigiata* var. *vulgaris* Harz. 屬 Spanish 型則多聚集於 Guaranian，Goias，Minas Gerais 及 Northeast Brazil。因此，Virginia 型、Valencia 型和 Spanish 型等三型的起源和落花生在南美洲原產地的變異中心之地理區域分佈極爲符合，並與植物型極爲相符。本試驗結果所產生具有與植物形態判別有關之標誌條帶共有三個條帶(表 3)，其中引子 OPE13 所產生之 699 bp 條帶，可爲區分 Virginia 型與 Spanish 型、Valencia 型之標誌條帶；另外，引子 OPF16 所產生之 337 bp 之條帶可區分出 Spanish 型與 Valencia 型、Virginia 型，而引子 OPJ17 所產生之 640 bp 條帶，可做爲 Spanish 型與 Valencia 型、Virginia 型之植物型態分群時之輔助標誌。因此，綜合此三條標誌條帶可清楚分別鑑別出 Virginia (含 Virginia bunch 及 Virginia runner)、Valencia 及 Spanish 等三型；其中 Spanish 型與 Virginia runner 型及 Virginia bunch 型屬不同之亞種。本試驗中 337 bp、640 bp 及 699 bp 等三個條帶均可爲此二植物型區分之標誌條帶。Spanish 型與 Valencia 型屬同一亞種之不同變種，本試驗中亦只有 337 bp 之標誌條帶可用以區分此二植物型。另外，Virginia runner 型及 Virginia bunch 型則屬於同一亞種之相同變種，其親緣關係更爲相近，因此，本試驗仍無法以此三條標誌條帶區分出同屬一個變種之 Virginia bunch 及 Virginia runner 型。且由此標誌條帶之結果可見 Spanish 型與 Valencia 型之遺傳距離應較 Virginia 型相近，此與植株生長型態異同及親源關係極爲符合，亦與原產地變異中心之地理區域分佈型態相符合。

Halward 等人[16,17]曾以 RAPD 技術進行栽培種落花生(*A. hypogaea*)之鑑別，並沒有得到多型性之條帶，可能因其只用 16 個引子進行篩選，尚不足以篩選出多型性條帶。1997 年 He 等人[21]亦曾利用 DAF (DNA amplification fingerprinting)方法進行栽培種落花生之鑑別，共篩選了 550 條引子，只有 17 個引子具多型性，只佔總引子數之 3%。而 He 等人[22]於 1995 年同樣以 DAF 技術進行甘藷之測試發現，所篩選之引子超過 50%具有多型性。因此，栽培種落花生之遺傳變異度與其他作物相較之下顯然低了許多。而其他學者對落花生之研究亦得到相似之結果[18,20,27,37]，顯示栽培種落花生種內基因組的 DNA 之變異不大。另外，He 等人[21]曾利用 AFLP 方式篩選栽培種落花生種內之多型性片段，發現篩選的 64 個引子中有 43% (28 條)之引子具多型性，雖較 DAF 之結果高了許多，然而 AFLP 相對須耗費較高的人力、時間、財力及技術等資源。本試驗中應用 RAPD 所得之結果，篩選 200 個引子，共產生 2,133 個條帶，其中僅獲得 11 個引子具有明顯多型性，由此 11 個多型性引子所產生之 212 個條帶，僅佔總條帶數之 9.9%，具多型性引子佔總引子數之比率爲 5.5%，較 He 等人[21]以 DAF 試驗結果所產生具多型性引子比率數 3%略高一些，顯示以 RAPD 方法可做爲栽培種落花生之種內鑑別工具，但必須進行大量引子分析篩選，方可獲得較多的多型性。

就具有多型性之 RAPD 膠片進行分析，可得到部份與遺傳特性有關之訊息，如：根據三個標誌條

帶歸納之結果可作爲落花生三個生長型態 (Spanish 型、Valencia 型及 Virginia 型)之鑑別標誌條帶。且根據 OPJ17 引子之 RAPD 電泳結果，PI314817 (VA73)與 Kinorales (VA12) 雖同屬於 Valencia 型，但 PI314817 (VA73)具 640 bp 之條帶，而 Kinorales (VA12)於 640 bp 處沒有條帶出現，因而引子 OPJ17 可能可作爲 Valencia 型內之鑑別引子。然而本試驗中 Valencia 型之品種(系)只有兩個，因而有待進一步以更多之 Valencia 品種(系)確認。CJ-444 (SP409) 之親本爲 Chiba bunch (VB45)及 Java2 (SP88)，分別屬於 Virginia 型及 Spanish 型，根據本試驗報告第一部份中綜合兩年之農藝性狀調查資料顯示，CJ-444 (SP409) 之株高、成熟莢數、成熟莢重、粒寬、成熟粒數、成熟粒重、剝實率、莢產量、籽粒產量、百莢重及千粒重等性狀與 Virginia 型之平均值較相近；而只有分枝數、莢長、莢寬、粒長、花型、飽滿度及成熟日數等性狀與Spanish 型之平均值相近(范等，1999)。且本試驗RAPD結果可發現，CJ-444 (SP409)於引子 OPE13 之 699 bp 處及引子 OPJ17 之 640 bp 處條帶之出現與否均與 Virginia 型具相同之結果，而與 Spanish 型則不相同，顯示 CJ-444 (SP409) 之遺傳型態較偏向其親本 Chiba bunch (VB45)，故與 Spanish 型之結果不同。此種由二不同亞種雜交後代選出之品系，其依植物分類雖歸屬於 Spanish 型，但仍具有很多種偏向於Virginia 型之農藝性狀，且由DNA 之分析結果，其多型性出現偏向另一親本，顯示由RAPD 之結果對遺傳背景之分析比農藝性狀可得較多之訊息。另外，此種由二不同亞種雜交後代選育品種，因具有二不同亞種之血緣，勢必對由外觀進行植物型分類之結果產生若干疑問，此種由人爲外力介入而產生遺傳演化上之異常，可能需以農藝性狀及RAPD 之結果互相比對，再加以討論才能獲得合理之解釋。

由 11 個具明顯多型性引子之 RAPD 電泳結果共得 212 條帶，將此資料以綜合集群分析之結果分成三群時，已可呈現出依植物型而分群之關係，其中群一及群二爲 Spanish 型及 Valencia 型，群三爲本地種及國外引進種中與本試驗所用之育種系統無關之 Virginia 型。且分成三群時，亦可看出五個育種系統之相關品種(系)已然聚集於各次族群下。若將綜合集群分析之結果，分成七群時，則可更清晰呈現出台南十一號育種系統(群三)、台農四號育種系統(群三)、及台農五號育種系統(群七)之育種譜系關係(圖 1)，甚而，本地種及國外引進種中與此五個育種系統無關之樣品，亦可明顯依 Virginia 型及 Spanish 型之植物型而分群(群四、群五及群六)。然而，在分成七群時，台南七號 (SP13) 與其親本台南白油豆一號 (SP16)被分成不同之兩群，可能係育種選拔過程之人爲選育導致其遺傳組態偏向Java 12 號之親本，而此親本在本試驗中並未選用，因而無法加以確認之。台南十二號(SP82) 亦與其親本台南選九號(SP15)及 PI314817 (VA73)分於不同集群中，可能亦是育種選拔過程之人爲選育導致其遺傳組態偏向其他之親本，且根據台南十二號育種系統之譜系圖可發現其母本中有 Florigiant (屬於 Virginia runner 型)，而父本中有 Valencia 型 (VA73)，此種 Spanish 型、Valencia 型及 Virginia 型之型間雜交，可能亦是導致其與親本之遺傳組成偏離之因。

臺農四號親本爲 Spanish White (SP11) 及 Kinorales (VA12)，但以 RAPD 結果中具多型性及有標誌條帶之 11 個引子所獲得之結果進行綜合集群分析後顯示，台農四號與 Kinorales (VA12)之距離較近 (0.75)，而與 Spanish white (SP11)距離較遠(1.12)，且在 OPF16、OPE13 及 OPJ17 三條引子之群集分析亦有類似之結果，可能亦屬選育過程中使其特性偏向Kinorales (VA12)之故，且Spanish white (SP11) 也是台農五號 (SP410)之親本，此二品系之遺傳組態較爲相近，當進行集群分析時，Spanish white (SP11) 則受到台農五號(SP410)之影響而聚集於群七之台農五號育種系統之集群內。

根據育種資料顯示台南白油豆一號 (SP16)爲北港白油豆 (SP48)所選拔出之品種，台農三號(SP21) 由Imp. sp. 2-B-48-1(SP216)所選拔出，台農一號(SP19)則由懷遠花生(SP60)所選拔出，澎湖二號 (VR17) 是由鴛鴦豆(VR20)純系所選拔出，台農二號(SP20)由金門種花生(SP62) 純系所選拔出等，而在 RAPD 綜合集群分析結果顯示台南白油豆一號與北港白油豆、台農三號與Imp. sp. 2-B-48-1、台農一號與懷遠花生、澎湖二號與鴛鴦豆及台農二號與金門種花生彼此間之歐氏距離分別爲 0.83、0.78、0.75、0.74 及

0.78，均相當近，且均在相同之次族群下(圖 3、4)。因此，由本試驗 RAPD 之集群分析結果亦可極清楚看出純系選拔之親緣關係。

根據本試驗報告第一部份綜合兩年之農藝性狀調查資料所進行之集群分析結果顯示[(2)]，利用農藝性狀進行親緣關係之鑑定，可能會產生分群上之部份偏差出現。根據農藝性狀調查資料所進行之集群分析結果 ，雖可呈現出 Virginia 型與 Spanish 型之植物型分群關係，但不能很清楚呈現地方種及外來引進種之選拔育種關係；綜合上述可知，農藝性狀可對植物型及育種關係進行初步之判別，然而，耗費時間較長；而RAPD之結果則不但可清楚植物型之差異性及育種選拔之關係，亦可鑑別育種譜系親緣關係之遠近，故依此結果推論，落花生種原若使用本試驗所得之引子進行親緣關係之確認，應屬相當可行，其結果可做為育種時親本選擇之參考用。

誌　謝

本研究承蒙行政院農業委員會補助經費(85 科技-1.5-糧-01)，試驗期間承國立臺灣大學農藝學系沈明來教授提供相關的統計分析指導及曾美倉教授與張德慈博士之斧正，特此誌謝。

引用文獻

1. 沈明來。 1998。 實用多變數分析， 381-486 頁。九州圖書文物有限公司，台灣，台北。
2. 范明仁、許庭榮、王昭月、曹文隆、楊金興、鄭耀星。1999。台灣落花生種原之親緣關係 II 應用農藝性狀進行落花生種原親緣關係之研究。中華農學會報（刊印中）。
3. 黃明得。1994。雜糧作物各論 (二)，第 13 章 落花生， 1043-1152 頁。豐年社，台灣，台北。
4. 楊金興、 曹文隆、鄭耀星、 黃惠娟、 盧煌勝。 1996 。落花生新品種台農六號之育成。 中華農業研究 45: 113-127。
5. 農情報導。 1998。113:3。臺灣省政府農林廳編印，台灣，南投。
6. Asakura, N., C. Nakamura, and I. Ohtsuka. 1997. RAPD markers linked to the nuclear gene from *Triticum timopheevii* that confers compatibility with *Aegilops aquarrosa* cytoplasm on alloplasmic durum wheat. Genome. 40: 201-210.
7. Blok, V. C., M. S. Phillips, and B. E. Harrower. 1997. Comparison of British populations potato cyst nematodes with populations from continental Europe and South America using RAPDs. Genome. 40: 286-293.
8. Botstein, D., R. L. White, M. Skolmick, and R. W. Davis. 1980. Construction of genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphism. Am. J. Hum. Genet. 32:314-331.
9. Brown, P. T. H., F. D. Lange, E. Kranz, and H. Loerz. 1993. Analysis of single protoplasts and regenerated plants by PCR and RAPD technology. Mol. Gen. Genet. 237:311-317.
10. Demeke, K., D. R. Lynch, L. M. Kawchuk, G. C. Kozub, and J. D. Armstrong. 1996. Genetic diversity of potato determined by random amplified polymorphic DNA analysis. Plant Cell Rep. 15: 662-667.
11. Demeke, T., R. P. Adams, and R. Chibbar. 1992. Potential taxonomic use of random amplified polymorphic DNA (RAPD) : a case study in *Brassica.* Theor. Appl. Genet. 84: 990-994.
12. Delourme, R., A. Bouchereau, N. Hubert, and M. Renard. 1994. Identification of RAPD markers linked to a fertility restorer gene for the Ogura radish cytoplasmic male sterillity of rapeseed *(Brassica napus* L.). Theor. Appl. Genet. 88:741-748.
13. Garcia, G. M., H. T. Stalker, and G. Kochert. 1995. Introgression analysis of an interspecific hybrid population in peanuts (*Arachis hypogaea* L.)using RFLP and RAPD makers. Genome. 38:166-176.
14. Garcia, G. M., H. T. Stalker, E. Shroeder, and G. Kochert. 1996. Identification of RAPD, SCAR, and RFLP markers tightly linked to nematode resistance genes introgressed from *Arachis cardenasii* into *Arachis hypogaea.* Genome. 39:836-845.
15. Gregory, W. C., A. Krapovickas, and M. P. Gregory. 1980. Structure, variation, evolution and classification in *Arachis.* pp. 469-481. In: Summerfield, R. J., and A. H. Bunting eds. Advances in legume science. Royal Botanic Gardens, Kew, UK.
16. Halward, T. M., H. T. Stalker, E. A. LaRue, and G. Kochert. 1991. Genetic variation detectable with molecular markers among unadapted germplasm resources of cultivated peanut and related wild species. Genome. 34:1013-1020.
17. Halward, T. M., H. T. Stalker, E. A. LaRue, and G. Kochert. 1992. Use of single-primer DNA amplifications in genetic studies

of peanut (*Archis hypogaea* L.) Plant Mol. Bio. 18:315-325.

18. Halward, T. M., H. T. Stalker, and G. Kochert. 1993. Development of an RFLP linkage map in diploid peanut species. Theor. Appl. Genet. 87:379-384.
19. Hamrick, J. L., and R. W. Allard. 1975. Correlation between quantitative characters and enzyme genotypes in *Avena barbata*. Evolution 29 :438-443.
20. He, G., A. K. Singh, and C. S. Prakash. 1997. Analysis of genetic relationships among accessions of *Arachis stenosperma* and *A. duranensis* using DNA markers. Plant Genetic Resources Newsletter 111:25-28.
21. He, G., and C. S. Prakash. 1997. Identification of polymorphic DNA markers in cultivated peanut (*Arachis hypogaea* L.) Euphytica. 97:143-149.
22. He, G. C. S. Prakash., and R. L. Jarret. 1995. Analysis of genetic diversity in a sweetpotato (*Ipomoea batatas*) germplasm collection using DNA amplification fingerprinting. Genome. 38:938-945.
23. Heusden, A. W. van, and D. Haalman. 1992. Genotype relationships in *Microseris elegans (Asteraceae, Lactuceae)* revealed by DNA amplification from arbitrary primers (RAPDs). P1. Syst. Evol. 179:221-233.
24. Isabel, N., L. Tremblay, M. Michaud, F. M. Tremblay, and J. Bousquet. 1993. RAPDs as an aid to evaluate the genetic integrity of somatic embryogenesis derived populations of *Pricea mariana* (Mill.) B. S. P.. Theor. Appl. Genet. 86:81-87.
25. Jian, C., and K. C. Sink. 1997. RAPD and SCAR markers linked to the sex expression locus M in asparagus. Euphytica. 94: 329-333.
26. Jain, S. K., C. O. Qualset, G. M. Bhatd, and K. K. Wu. 1975. Geographical patterns of phenotypic diversity in a world collection of durum wheat. Crop. Sci. 15:700-704.
27. Kochert, G. D., T. M. Halward, W. D. Branch, and C. E. Simpson. 1991. RFLP variability in peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars and wild species. Theor. Appl. Genet. 81:565-570.
28. Lin, C. S., and Binns, M. R. 1984. The precision of cultivar trails within eastern cooperative tests. Can. J. Plant Sci. 64:587-591.
29. Link, W., C. Dixkens, M. Singh, M. Schwall, and A. E. Melchinger. 1995. Genetic diversity in European and Mediterranean faba bean germplasm revealed by RAPD markers. Theor. Appl. Genet. 90:27-32.
30. Lu, J., and B. Pickersgill. 1993. Isozyme variation and species relationships in peanut and its wild relatives (*Arachis* L. Leguminosae). Theor. Appl. Genet. 85:550-560.
31. Martin, G. B., J. G. K. Williams, and S. D. Tanksley. 1991. Rapid identification of markers linked to a *Pseudomonas* resistan ce gene in tomato by using random primers and near-isogenic lines. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 88: 2336-2340.
32. Mikkelsen, T. R., J. Jensen, and R. B. Jorgensen. 1996. Inheritance of oilseed rape (*Brassica napus)* RAPD markers in backcross progency with *Brassica* campestris. Theor. Appl. Genet. 92: 492-497
33. Millan, T., F. Osuna, S. Cobos, A. M. Torres, and J. I. Cubero. 1996. Using RAPDs to study phylogenetic relationships in *Rosa.* Theor. Appl. Genet. 92:273-277.
34. Mumm, R. H., and J. W. Dudley. 1995. A PC SAS computer program to generate a dissimilarity matrix for cluster analysis. Crop. Sci. 35: 925-927.
35. Oard,J. H., and Dronavalli. 1992. Rapid isolation of rice and maize DNA for analysis by random-primer PCR. Plant Mol. Bio. Rep. 10:236-241.
36. Orozco-Castillo, C., K. J. Chalmers, R. Waugh, and W. Powell. 1994. Detection of genetic diversity and selective gene introgression in coffee using RAPD markers. Theor. Appl. Genet. 87:934-940.
37. Paik-Rao, O. G., R. L. Smith, and D. A. Knauft.1992. Restriction fragment length polymorphism evaluation of 6 peanut species within the *Arachis* section. Theor. Appl. Genet. 84:201-208.
38. Parani, M., M. Lakshmi, S. Elango, N. Ram, C. S. Anuratha, and A. Parida. 1997. Molecular phytogency of mangroves II. Intra- and inter-specific variation in *Avicennia* revealed by RAPD and RFLP markers. Genome. 40: 487-495.
39. Singh, A. K., S. Gurtu, and R. Jambunathan. 1994. Phylogenetic relationships in genus *Arachis* based on protein profiles. Euphytica. 74:219-225.
40. Stalker, H. T., T. D. Phillips, J. P. Murphy, and T. M. Jones. 1994. Variation of isozyme pattern among *Arachis* Species. Theor. Appl. Genet. 87:746-755.
41. Stiles, J. I., C. Lemme, S. Sondur, M. B. Morshidi, and R. Manshardt. 1993. Using randomly amplified polymorphic DNA for evaluating genetic relationships among papaya cultivars. Theor. Appl. Genet. 85:697-701.

42. Swoboda, I., and P. L. Bhalla. 1997. RAPD analysis of genetic variation in the Australian fan flower, *Scaevola.* Genome. 40: 600-606.

43. Thormann, C. E., M. E. Ferreira, L. E. A. Camargo, J. G. Tivang, and T. C. Osborn. 1994. Comparison of RFLP and RAPD markers to estimating genetic relationships within and among cruciferous species. Theor. Appl. Genet. 88:973-980.

44. Tivang, J., P. W. Skrocg, and J. Nienhuis. 1996. Randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) variation among and within Artichoke (*Cynara scolymus* L.) cultivars and breeding population. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 12:783-788.

45. Vos. P., R. Hogers, M. Bleeker, M. Reijans, T. V. D. Lee, M. Hornes, A. Frijters, J. Pot, J. Peleman, M. Kuiper, and M. Zabeau. 1995. AFLP:a new technique for DNA fingerprinting. Nucleic Acids. Res. 23(21):4427-4414.

46. Welsh, J., and M. McClelland. 1991.Genomic fingerprinting using arbitrarily primer PCR and a matrix of pairwise combinations of primers. Nucleic Acid Res. 19:5275-5279.

47. Wilkie,S. E., P. G. Isaac, and R. J. Slater. 1993. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers for genetic analysis in *Allium.* Theor. Appl. Genet. 86:497-504.

48. Xiao, J., J. Li, L. Yuan, S. R. McCouch, and S. D. Tanksley. 1996. Genetic diversity and its relationship to hybrid performance and heterosis in rice as revealed by PCR-based markers. Theor. Appl. Genet. 92:637-643.

49. Yang, X., and C. Quiros. 1993. Identification and classification of celery cultivars with RAPD markers. Theor. Appl. Genet. 86:205-212.

50. Yu, L. X., and H. T. Nguyen. 1994. Genetic variation detected with RAPD markers among upland and lowland rice cultivars (*Oryza sativa* L.). Theor. Appl. Genet. 87:668-672.

Studies on the Genetic Relationship of Peanut Germplasm in Taiwan

Ⅱ. Studies on the Genetic Relationship of Peanut Using Random Amplified Polymorphic DNA Analysis [1]

Ming-Jen Fan [2], Shuen-Fang Lo [2], Jau-Yueh Wang [2], Ting-Rong Shu [2], Wen-Long Tsaus [3], Kin-Hsing Yang [3] and Yan-Sin Cheng [4]

Summary

This experiment was conducted by using randomly amplified polymorphic DNA marker (RAPD marker) analysis to evaluate the genetic relationship of peanut germplasm. There are totally 30 varieties (lines), which were frequently supplied as the source of peanuts and main bred varieties (lines) in breeding program in Taiwan were analyzed. The results of RAPD were compared with the agricultural traits. The correlation coefficient get from RAPD can be used as the index to select the varieties (lines) for breeding program to increase the genetic gains. This method also can be developed as a protocol for identification of peanut germplasm. There were totally 200 operon decamer primers was used to screen the polymorphism response, only 11 primers (5.5%) show positive and produced 212 reproducible and effective bands. Three identical bands produced by OPE13, OPF16 and OPJ17 at 699 bp, 337 bp and 640 bp respectively can be look as marker bands for botanical type identification. In this way three botanical type of Spanish type, Valencia type and Virginia type can be distinguish by three marker bands. The RAPD profiles of 11 polymorphic primers were converted into the matrix for Euclidean distances based on Dice's coefficient to proceed with the cluster analysis by UPGMA (Unweighted Pair-Grouping Mean Arithmetical). The numbers of cluster are based on the MD, RSQ and RMSSTD obtained from cluster analysis. The 30 varieties (lines) could be divided into 7 main clusters when the Euclidean distances were greater than 0.83. The first cluster contained 3 varieties of Spanish type named Lau-Kung-Tzu-Tou, Tainan No. 7 and Tainan selected No. 9. The second cluster only has one variety PI314817 (Valencia type). The third cluster contained 9 varieties, which also belong to the breeding systems of Tainan No.11,Tainung No.

1. Contribution No. 1976 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Respectively, Research Fellow and Head, Engaged Technician, Assistant Agronomist, National Plant Genetic Resources Center, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Respectively, Assistant Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

4. Senior Specialist, Council of Agriculture, Executive Yuan Taipei City, ROC.

4 and Tainan No. 12. The fourth cluster contained 4 native varieties of Virginia type which were not used in the breeding programs. The fifth cluster signally contained Tainan white oil bean No.2, which is a native Spanish type variety. The sixth cluster contained 6 native varieties of Spanish type and selected from introduced varieties. The Seventh cluster contained 6 varieties which were used in Tainung No.5's breeding program and Florispan runner. According to the result of cluster analysis of RAPD significantly revealed the pedigree diagrams of the breeding programs of Tainan No.11, Tainung No.4 and Tainung No.5, and also closely related to plant botanical types. The results could be deducted that 11 selected primers in this study can be effectively and reliably used for studies of genetic distances and the genetic relationship of peanut germplasm.

Key words: Randomly amplified polymorphic DNA (RAPD), Cluster analysis, Peanut.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）48(2)：86～99（1999）

水芋收穫指數的動態模式[1]

呂秀英[2]　呂椿棠[2]　陳烈夫[3]

摘要：本研究之目的在建立水芋收穫指數之動態模式，並進而探討模式之生長參數估計值在不同種植期下的季節變異性，以解析其對最終收穫指數的影響。模式呈一種連續的三相分段線性函數，不但所有種植期下的水芋收穫指數都能配合模式良好，同時該模式能解釋收穫指數總變異的能力高達 95 %以上。從模式中可推測出收穫指數在遲滯期、線性增加期及成熟期之三個直線階段的速率及持續時間。根據動態模式之解析，可知收穫指數線性增加期的開始及結束受到栽培季節之氣象變化影響甚鉅，故造成最終收穫指數在不同種植期之間的季節性差異。水芋最終收穫指數之表現主要決定於線性增加期收穫指數的增加速率及持續時間，而以時間長短最爲重要。至於遲滯期及成熟期的影響則不大。

關鍵詞：水芋、收穫指數、動態模式、三相分段線性函數、季節性變異。

前　言

芋爲本省古老民食、傳統健康食品及夏季重要蔬菜，栽培簡單而省工，且適應性廣，在本省可全年栽種，其重要性僅次於甘藷、馬鈴薯及樹薯。栽培芋的主要收穫利用部位，大部份指的是球莖（corm）產量，是爲經濟產量（economic yield）；而一般所謂的生物產量（biological yield），則指芋在全生育期中生產之地上葉部（含葉片及葉柄）和地下球莖的總產量。收穫指數（harvest index, HI）的定義爲經濟產量與生物產量之比值，在根莖類作物中，是指光合作用合成物分配至塊莖、球莖或塊根部份的比率，可用以評估乾物質生產分配的效率。提高收穫指數，表示乾物質分配至收穫部份的比例增加，而收穫指數的大小則被認爲是一個間接選拔提高球莖產量有潛能的指標（1,2,16）。陳（3）利用複迴歸方程式，發現水芋收穫指數及地上部乾物重同爲影響球莖產量之重要因子，而以收穫指數更爲重要，故提高收穫指數，當可期獲有高的球莖產量。

收穫指數在育種上被用來描述作物同化物質累積及再運轉到最終產量之能力，涉及到極爲多樣及複雜之過程，同時也會受到基因型及環境之影響（8）。近年來許多學者開始利用數理型態來探討作物收穫指數隨時間之動態變化。Speath and Sinclair（25）指出大豆在開花期之後的收穫指數隨時間呈線性增加。該種反應在棉花（23）、玉米（19,20）、大麥（9）及小麥（18）均有發現。Chapman *et al.*（7）藉此而發展出向日葵生長發育之作物模擬模式（QSUN）。對穀類作物而言，利用收穫指數之線性增加，以及定義該增加之始末的簡單法則，不但避免了更多的複雜性，而且實質上結合了開花期前預儲之同化物質再運轉到穀粒產量之能力，因此可以不再需要利用穀粒數目及穀粒大小之複雜預測來預估穀粒之產量（6）。

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1977 號。
2. 本所農藝系研究員與助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所農場管理室助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

水芋爲多年生宿根性球莖作物，全生育期均處於營養生長狀態，但根據植株各部位乾物質生產分配的趨勢，亦可大致將水芋整個生長期劃分成生長初期、地上部生長旺盛期、球莖快速膨大期及球莖成熟期之四個階段(3)。所有種植期之水芋植株在移植後前兩個月內均處於生長初期，以新葉片的生成爲主，球莖純粹在消耗狀態，故球莖所佔比率急速下降，之後植株進入地上部生長旺盛期及球莖快速膨大期，球莖比率呈快速增加，最後於球莖成熟期，其球莖所佔比率的增加速率則減緩；而且水芋全生育期植株各部位乾物重佔全株乾物重之百分比變化在不同種植期之間有明顯的差異(5)。水芋球莖乾物重所佔比率，即水芋的收穫指數。因此可推知，水芋的收穫指數隨時間之動態變化，亦如同穀類作物一般呈現出線性增加之趨勢，惟其在不同生長階段下的增加速率並不相同，同時也會受到栽培季節環境變異之影響。因此，如何利用水芋收穫指數之線性增加，來建立水芋收穫指數之動態模式，並進而探討模式之生長參數估計値在不同種植期下的季節變異性，以解析其對最終收穫指數的影響關係，爲本研究之主要目標。

材料及方法

一、試驗材料之培育

本研究以臺灣地區栽培最廣的地方品種檳榔心芋爲試驗材料；田間栽培試驗在農業試驗所之田區進行，自 1995 年 1 月起每隔二個月種植一次，爲期兩年，共計十二個種植期。每一種植期重複四次，行株距 70×30 公分，每行 25 株，每重複種植 8 行共 200 株。本試驗採水田栽培方式種植，整地方法與種植水稻時相同。自種芋田選取子芋，秤重後取 35±10 公克之芋苗，逢機種植於試驗田區。種植後田間保持淺水 3-5 公分，生育期間前七個月田間經常保持淹水狀態，以後則僅維持土壤濕潤狀態。

肥料爲硫酸銨、過磷酸鈣及氯化鉀，氮、磷、鉀三要素每公頃施用量各爲 700、200 及 600 公斤。平均分爲七等分於移植前及移植後每隔一個月施用一次。生育期間之雜草控制，在種植後 1 至 3 天每公頃施用 5%丁基拉草粒劑 30 公斤，並保持 3 至 5 公分淺水 3 天，種植後一個月再以同量施用一次，爾後則視田間雜草及子芋產生數量適時拔除，以免影響水芋正常生長。病蟲害防治則依實際情況適時防治（參閱農林廳編-植物保護手冊），其他管理方法則依一般慣行法行之。

二、性狀調查及收穫指數之估算

從移植後每隔一個月，自各重複中逢機選取 3 株生育正常的植株，四個重複共計 12 株，將葉片、葉柄及球莖分別置於送風乾燥箱中以 100℃烘乾二小時，再以 80℃烘乾 72 小時，然後秤量各部位之乾物重，每一種植期取樣調查 10 次。

芋之收穫指數（HI）爲球莖產量與生物產量之比值，產量以生理研究之乾物重爲基礎，即

$$HI = CDW / (CDW+UDW) \times 100 \qquad [1]$$

式中 CDW 爲單株地下部球莖乾物重（$g\ plant^{-1}$），UDW 爲單株地上部（葉片及葉柄之總計）的乾物重（$g\ plant^{-1}$）。

三、收穫指數動態模式之建立

由於水芋植株在生長初期係以新葉片的生成爲主，球莖純粹在消耗狀態，故收穫指數呈急速下降，之後植株進入地上部生長旺盛期及球莖快速膨大期，收穫指數呈快速增加，直至成熟階段，收穫指數之線性增加才又減緩(5)，此呈現出一種連續的三相分段線性函數（three-phase piecewise linear function）之生長曲線型態，如圖 1 所示。圖中係以本試驗 1995 年 3 月種植期之收穫指數資料爲例說明，將收穫指數隨時間之變化分爲三個時期：遲滯期（lag phase）、線性增加期（duration of linear increase）及成熟期（maturity stage）。連接三段直線間的結點（knot），分別爲線性增加期的開始及結束。其數理公式如下：

$$f=\begin{cases} f_1(t)=[x_1(T_1-t)+x_2(t-t_1)]/(T_1-t_1), & \text{if } t_1\le t\le T_1 \\ f_2(t)=[x_2(T_2-t)+x_3(t-T_1)]/(T_2-T_1), & \text{if } T_1\le t\le T_2 \\ f_3(t)=[x_3(t_4-t)+x_4(t-T_2)]/(t_4-T_2), & \text{if } T_2\le t\le t_4 \end{cases} \quad [2]$$

式中f爲收穫指數（HI）；t爲移植後的時間（月數），t_1爲遲滯期開始時間，T_1爲f_1與f_2相交發生的時間（即線性增加期之開始），T_2爲f_2與f_3相交發生的時間（即線性增加期之結束），t_4爲最終收穫時間；x_1爲 t_1上的 HI 值，x_2爲f_1與f_2相交時的 HI 值，x_3爲f_2與f_3相交時的 HI 值，x_4爲 t_4上的 HI 值。三相分段線性函數之公式推導由來，列於附錄。

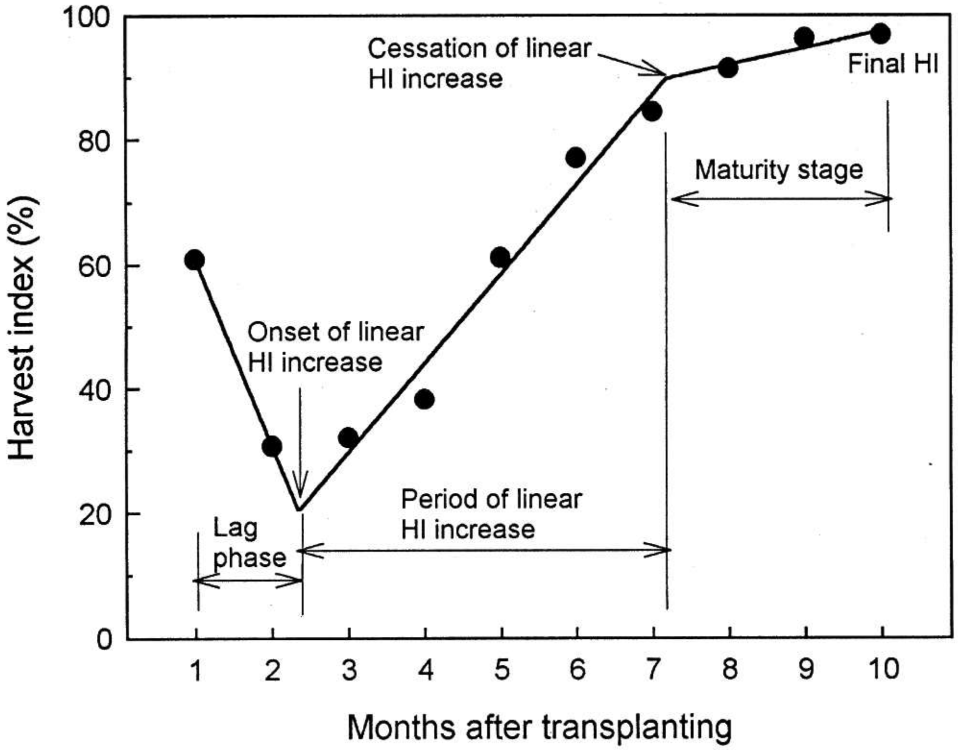


圖 1. 以 1995 年 3 月種植期試驗資料爲例，說明水芋收穫指數所呈現之三相分段線性函數之動態生長型態。圖中顯示如何定義遲滯期、線性增加期及成熟期。

Fig. 1. A three-phase piecewise linear function fitted to harvest index （HI） taken from wetland taro under the transplanting season of March, 1995. The graph shows how to define the lag phase, period of linear increase and maturity stage.

配合該函數時，首先應該確認四個時間點。本研究取樣時間自移植後第一個月到第十個月止，因此 t_1, t_4 各爲 1 及 10 個月，至於 T_1 及 T_2 兩結點發生的時間，由於水芋全生育期均處於營養生長狀態，難以由植株外觀或生理狀態來已知確認，故必須經由模式來預估。換言之，該模式中共包含了六個未知的參數（parameter）：$x_1, x_2, x_3, x_4, T_1, T_2$，因此在求解函數方程組的根（root，即參數的估計值）時，必須針對每個參數先定義一個離根不遠的值爲起始值（initial value），然後藉著迭代法（iterative

method），將這些起始值代入方程組中以產生一組接近眞值的近似值，該新的值再代入而產生第二組近似值，這過程一直持續，直到連續之變值在可容忍的誤差範圍內得到一個最接近眞值的近似值。因此在使用迭代法配合曲線時，有一些判斷是必要的，第一是變數的起始值必須非常接近收歛解，以使收歛的速度最快，第二是連續變數值間之相異程度的容忍值應該很小，以便得到合理的近似值，但也不能太小，以致於超過取捨（round-off）。根據陳[5]利用水芋植株各部位乾物質生產分配趨勢所劃分的生長階段，前兩個月為水芋之生長初期，而球莖收穫期則因不同種植期而異，在有利之栽培季節（11～3 月種植期）下於移植後第 8、9 個月時開始進入球莖收穫期，而不利之栽培季節（5～9 月種植期）下約於移植後第 6 個月後即進入球莖收穫期，因此本研究設定 T_1 初值爲 3 個月，而 T_2 初值爲 8 個月（爲求簡化並加速迭代之收歛速度，對於 T_2 初值之決定，在此係取各種植期的一個中間值）。x_1, x_2, x_3, x_4 之初值，則分別設定爲（t_1, T_1, T_2, t_4）=（1, 3, 8, 10）時所對應之 HI 不遠的值，以圖一之 1995 年 3 月種植期資料爲例說明，x_1, x_2, x_3, x_4 之初值可分別設定爲 60, 30, 91, 97。利用迭代法求方程組的根，是很難用手算的，因此本研究係利用統計繪圖軟體 SigmaPlot 4.0[26,27] 來配適該連續的三相分段線性函數，並設定可容忍的誤差（tolerance）爲 0.0001，收歛次數（iterations）及重複步驟大小（stepsize）均設定爲 100 次。模式的配合度，可由 F 測驗顯著性及決定係數 R^2 值大小來判斷：F 值顯著且 R^2 甚高，表示該模式能有效解釋 HI 的動態變化。

在已建立之動態模式下，可以利用六個參數值之估計值，進而求算出各段直線 HI 的增加速率（斜率）及持續時間。各時期線性 HI 每月增加的速率（monthly rate of linear HI increase, g $month^{-1}$），可以經由下式計算而得：

$$b_1 = (x_2 - x_1) / (T_1 - t_1)$$
$$b_2 = (x_3 - x_2) / (T_2 - T_1) \quad [3]$$
$$b_3 = (x_4 - x_3) / (t_4 - T_2)$$

而各時期線性 HI 的持續時間（duration of linear HI increase, months）計算如下：

$$D_1 = T_1 - t_1$$
$$D_2 = T_2 - T_1 \quad [4]$$
$$D_3 = t_4 - T_2$$

本研究將比較不同種植期下水芋收穫指數於各時期的線性 HI 之增加速率及持續時間，並探討其季節變異性對水芋最終收穫指數的影響關係。

結　果

兩年共十二個種植期下的水芋收穫指數（HI）隨生育時間之變化，及其配合三相分段線性函數的結果，示如圖 2 及表 1。由表 1 得知，所有種植期配合模式的 F 測驗之機率值（Prob>F）皆小於 0.05 之顯著水準，顯示所有種植期下的水芋收穫指數都能配合模式良好，該模式能解釋 HI 總變異的能力高達 95 %以上（決定係數 R^2 都大於 0.95），因此利用此動態模式來解釋收穫指數隨時間之變化，可信度甚高。

要特別提出說明的是，1995 年 11 月種植期於移植後第 7 個月期間因逢中度颱風凱姆及強烈颱風賀伯連續侵襲過後，植株爲能有充分供源運轉到地上部，以加速回復嚴重受損之葉片，球莖乾物質大量消耗，致使收穫指數不增反降，而造成該取樣時期 HI 值之異常；若將該異常值加入，會影響模式配合的顯著性，R^2 也只有 0.76，因此本研究在進行 1995 年 11 月種植期之模式配合時係將此異常值摒除不計而獲得表 1 所列之結果。

所建立之動態模式共包含有六個參數，其中以 x_2, x_3, T_1, T_2 具有其生物上的特定意義：水芋 HI 的線性增加期開始於 T_1 而結束於 T_2，在這兩個時間的 HI 預測值分別爲 x_2 及 x_3。由表 1 結果得知，11～3

月種植月份下水芋 HI 線性增加期約開始於移植後第 3 個月前後，結束於移植後第 8～9 月，而不同年度之間的結果相當一致；5～9 月種植月份下水芋 HI 線性增加期皆開始於移植後第 2～3 個月，但結束時間則因種植月份而異：5 月種植月份的 T_2 在移植後第 5～7 個月，7 月種植月份爲移植後第 5～6 個月，9 月種植月份爲移植後第 3～4 個月，不同年度之間亦相當一致。

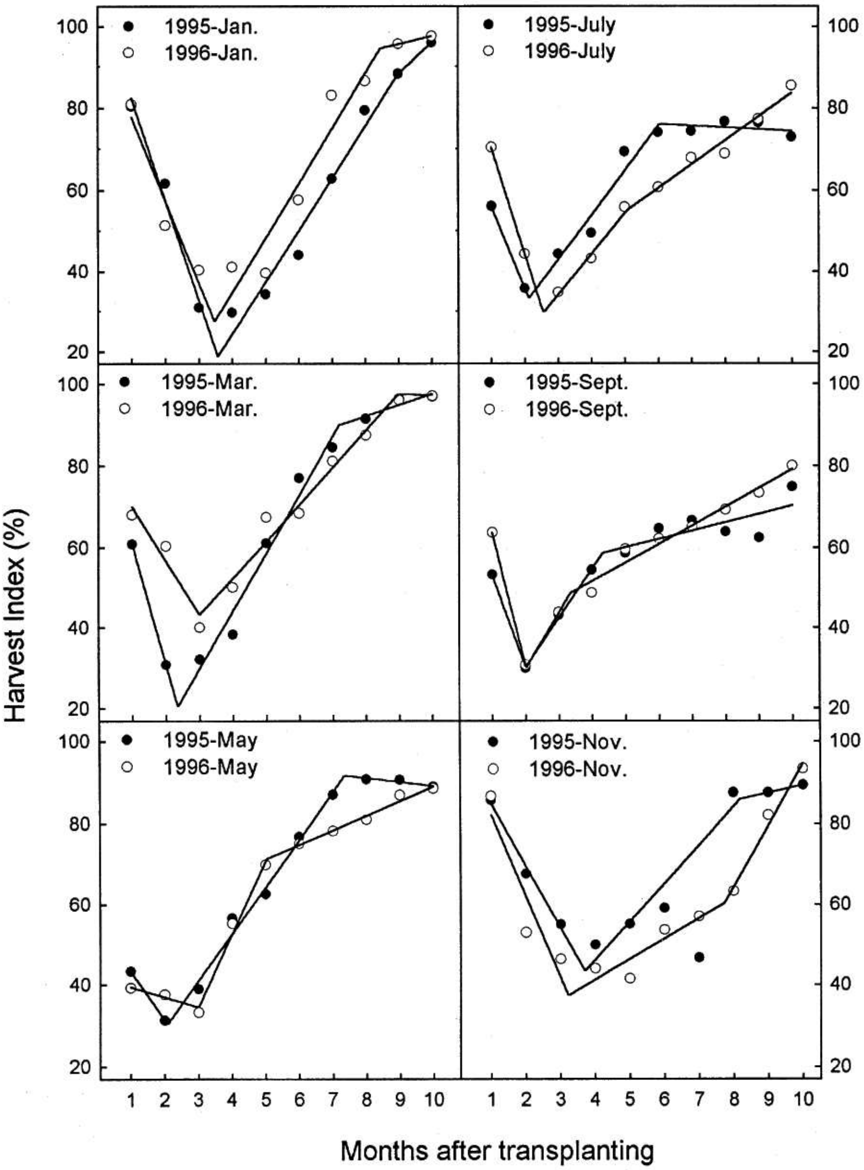


圖 2. 不同種植期下水芋收穫指數隨時間之動態變化。
（點爲實際觀測值，實線爲三相分段線性函數之曲線配合）

Fig. 2. Dynamic variation of harvest index with time in wetland taro under different transplanting months. (Point for observed value, and solid line for fitted curve by using three-phase piecewise linear function.)

表 1. 不同種植期下水芋收穫指數隨時間（移植後月數）之動態生長以三相分段線性函數配合結果所得之參數估計值

Table 1. Parameter estimates of the three-phase piecewise linear functions fitted to harvest index vs. month after transplanting for all transplanting seasons

	Jan.[z]		Mar.		May	
	1[y]	2	1	2	1	2
x_1	82.40	77.85	60.85	70.06	43.29	39.47
x_2	18.96	27.64	20.44	43.35	30.45	34.56
x_3	87.94	94.54	89.93	97.42	91.69	71.52
x_4	95.94	97.55	97.60	97.30	89.15	89.03
T_1	3.57	3.47	2.34	3.00	2.08	3.00
T_2	8.96	8.46	7.18	8.96	7.35	5.03
Prob > F	0.0017	0.0106	0.0006	0.0026	0.0001	〈0.0001
R^2	0.980	0.949	0.988	0.975	0.995	0.997

	July		Sept.		Nov.	
	1	2	1	2	1	2
x_1	56.05	70.44	53.25	63.76	84.79	82.12
x_2	33.29	29.72	30.16	30.06	43.40	37.33
x_3	76.16	55.13	58.76	48.76	85.98	60.36
x_4	74.46	83.70	70.43	79.29	89.39	94.64
T_1	2.12	2.56	2.00	2.02	3.70	3.22
T_2	6.04	5.07	4.32	3.35	8.18	7.73
Prob > F	0.0028	0.0003	0.0103	0.0007	0.0176	0.0115
R^2	0.974	0.992	0.950	0.988	0.970	0.947

[z] transplanting month

[y] year cycle: 1-1995, 2-1996.

Prob>F: the probability of F test.

R^2: the coefficient of determination.

利用模式中的六個參數值，進而估算不同種植期下水芋收穫指數於三段直線時期的速率及持續時間，結果列於表 2。由於水芋 HI 的每月增加速率在不同年度及種植月份之間存有明顯差異，故將其兩年之平均與差異值，各以點及誤差區間表示於圖 3，以探討其在不同種植月份之間及同一種植月份不同年度之間的變異性。從圖 3 可知，不同種植月份下 HI 於遲滯期之平均耗損速率以 5 月種植最慢，兩年平均以每月 7g 呈線性減少，其他種植月份則 HI 耗損速率相近，在遲滯期間平均每月以 20～30g 呈線性減少，至於年度之間的差異則以 3、5、9 月種植月份較大，但不同種植月份之差異遠大於年度變異；不同種植月份下 HI 於線性增加期的速率，除了 11 月種植最慢（平均每月以 7g 之速率增加）之外，其他種植月份之間的變動不致太大，速率爲平均每月 10～15g，而各種植月份間的差異趨勢在不同年度仍維持一致；不同種植月份下 HI 於成熟期的速率，明顯地較線性增加期的速率減緩（1996 年 11 月種植期例外，如表 2 所示），其平均每月以 10g 以下之速率增加，但有些種植月份甚至在某些年度還呈現停止或衰減狀態（即速率爲近於 0 之負值，如表 2 所示），除 11 月種植以外，其他種植月份在不同年度之間的變異不大。從圖 3 比較三段直線時期之結果，顯然遲滯期的 HI 速率在不同年度及種植月份之間的表現最不穩定。不同種植期下水芋 HI 的持續時間，由於在年度之間的表現相當一致（表 2），故進而從圖 4 之平均兩年的結果得知，水芋 HI 遲滯期的持續時間以 11、1 月種植爲最長，達三個月之久，佔全生育期約 35 %，然後依次爲 3、5、7、9 月種植，至少需兩個月，佔全生育期 20～27 %；HI 線性增加期則以 1、3 月種植最長，達五個月之久，佔全生育期 50 %以上時間，其次爲 11 月種植之 4 個半月，佔全生育期 45 %，然後爲 5、7 月種植之約三個半月，佔全生育期約 35 %，最短爲 9 月種植，最多只有兩個月，佔全生育期 18 %；HI 成熟期之持續時間的季節性變異則與線性增加期之持續時間的差異趨勢正好相反，以 9 月種植最長，達六個月之久（佔全生育期約 62 %），最短爲 1、3、11 月種植，僅一、兩個月，而 5、7 月種植達四個月。由於水芋爲多年生宿根性作物，爲有利於進行不同種植期間的產量比較，本研究對所有種植期之植株均一律調查取樣到移植後第 10 個月爲止，因此 HI 成熟期的持續時間較長，並不表示水芋球莖可以眞正維持這樣長的採收時間，其只不過是反映出該種植期下的水芋可以提早採收而已（即 HI 線性增加期提早結束）。由於成熟期的 HI 增加速率遠低於線性增加期的速率，因此對於 HI 成熟期較長的種植月份，延後採收未必就能提高最終收穫指數。

一般而言，線性增加期的速率高且持續時間長，才能獲致最高的最終收穫指數。不同種植期於 HI 線性增加期結束時（即水芋 HI 成熟期之開始，此時水芋的球莖其實已經可以開始進行採收）與移植後第 10 月之最終採收時所預測的收穫指數，示於圖 5。從圖中顯示，無論線性增加期結束時或最終的收穫指數，均以 1、3 月種植最高，可達 90 %以上，其次爲 5 月及 11 月種植，而 7、9 月種植最低；雖然 7、9 月種植因具有較長的成熟期持續時間（如圖 4 所示），致使其 HI 從線性增加期結束到最終採收時這段期間可獲得較多的增加，但增加幅度仍然有限，故其最終收穫指數仍然居所有種植期之末；至於 11 月種植期，由於第一年栽培期間受到颱風異常氣候之影響，造成該年度線性增加期結束時之 HI 急速降低（此並造成該種植月份的兩年平均之 HI 降低，如圖 5 所示），但很快地在最終採收時 HI 即回復，故兩年之最終 HI 相近，且不致太低。

比較圖 3、4、5 之結果，顯然線性增加期結束時及最終的收穫指數在不同栽培季節下的差異性，恰與 HI 線性增加期之持續時間在不同種植月份間的差異變化一致。至於遲滯期的速率與持續時間，雖然在不同種植期之間仍略有差異，但看來其對線性增加期結束及最終的收穫指數並未造成明顯的影響。水芋在 1、3 月種植時適逢冬末春初，氣溫及日射量均較低，移植後生長初期球莖消耗速率雖然不高，但 HI 線性增加期開始也較晚（故遲滯期較長），但進入春夏後，因氣溫及日射量回升，加速了 HI 線性增加期的速率，這段時期一直持續到移植後第 8 個月進入秋冬時，氣溫及日射量才又下降，因此得以維持較長的 HI 線性增加期，而最終獲致較高的收穫指數。反之，若於 7、9 月種植水芋，生

表 2. 不同種植期下水芋收穫指數在各直線時期的每月增加速率及持續時間

Table 2. Monthly rate and duration of linear harvest index （HI） increase for each linear phase under different transplanting seasons

Phase	Jan.[z]		Mar.		May	
	1[y]	2	1	2	1	2
Monthly rate of linear HI increase （g month^{-1}）:						
Lag	- 24.72	- 20.31	- 30.12	- 13.35	- 11.88	- 2.46
Increase	12.78	13.42	14.36	9.07	11.63	18.20
Maturity	7.72	1.95	2.72	- 0.12	- 0.96	3.52
Duration of linear HI increase (months):						
Lag	2.57	2.47	1.34	2.00	1.08	2.00
Increase	5.40	4.99	4.84	5.96	5.27	2.03
Maturity	1.04	1.54	2.82	1.04	2.65	4.97

Phase	July		Sept.		Nov.	
	1	2	1	2	1	2
Monthly rate of linear HI increase （g month^{-1}）:						
Lag	- 20.35	- 26.16	- 23.11	- 33.12	- 15.33	- 20.15
Increase	10.93	10.12	12.34	14.05	9.50	5.11
Maturity	- 0.43	5.79	2.05	4.59	1.88	15.07
Duration of linear HI increase (months):						
Lag	1.12	1.56	1.00	1.02	2.70	2.22
Increase	3.93	2.51	2.32	1.33	4.48	4.50
Maturity	3.96	4.93	5.68	6.65	1.82	2.27

[z] transplanting month.

[y] year cycle: 1-1995, 2-1996.

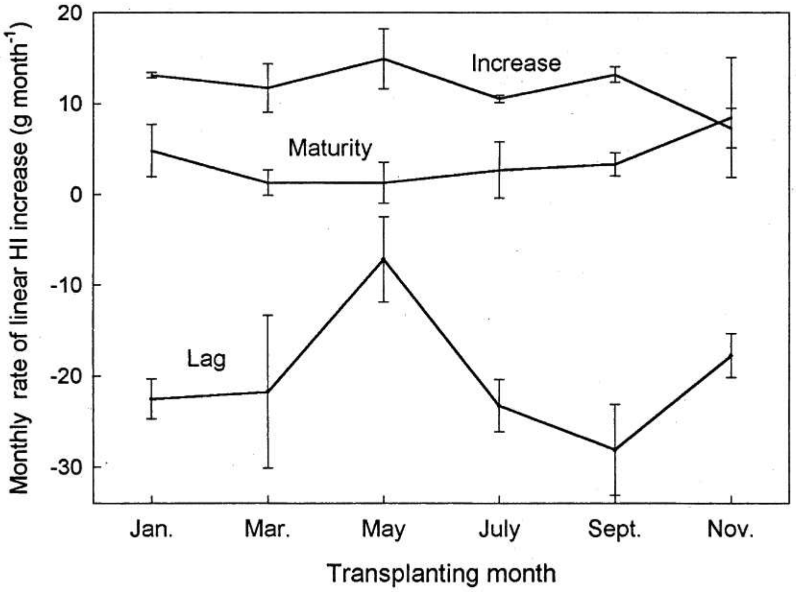


圖 3. 不同種植期下水芋線性收穫指數在各直線時期的每月增加速率。（點爲兩年平均，誤差區間爲兩年之差值）

Fig. 3. Monthly rate of linear harvest index （HI） increase for each linear phase in wetland taro under different transplanting months. （Point for mean of two years, error bar for difference between two years）

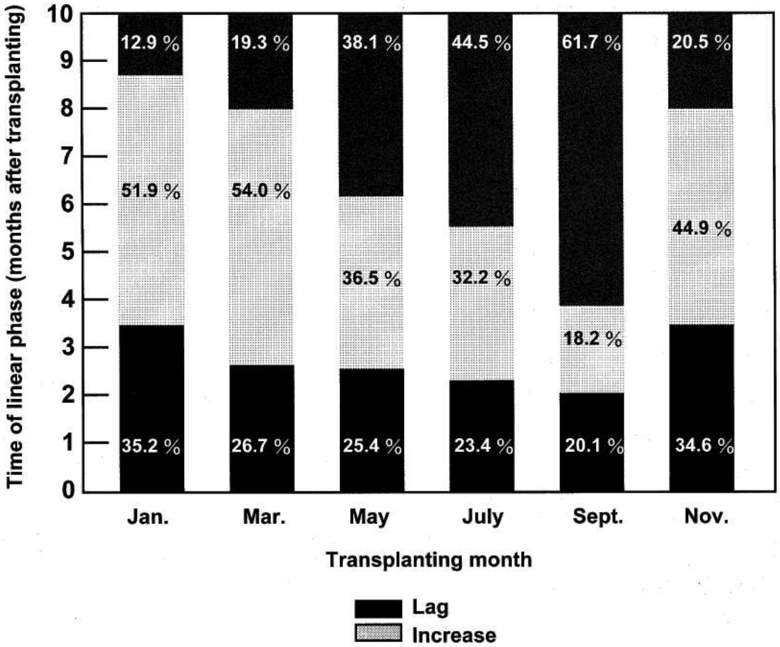


圖 4. 不同種植期下水芋線性收穫指數在各直線時期的持續時間。圖中並顯示各時期的持續時間佔全生育期之百分比。

Fig. 4. The duration of linear harvest index （HI） increase for each linear phase in wetland taro under different transplanting months. The graph also shows their relative percentages during the growth periods.

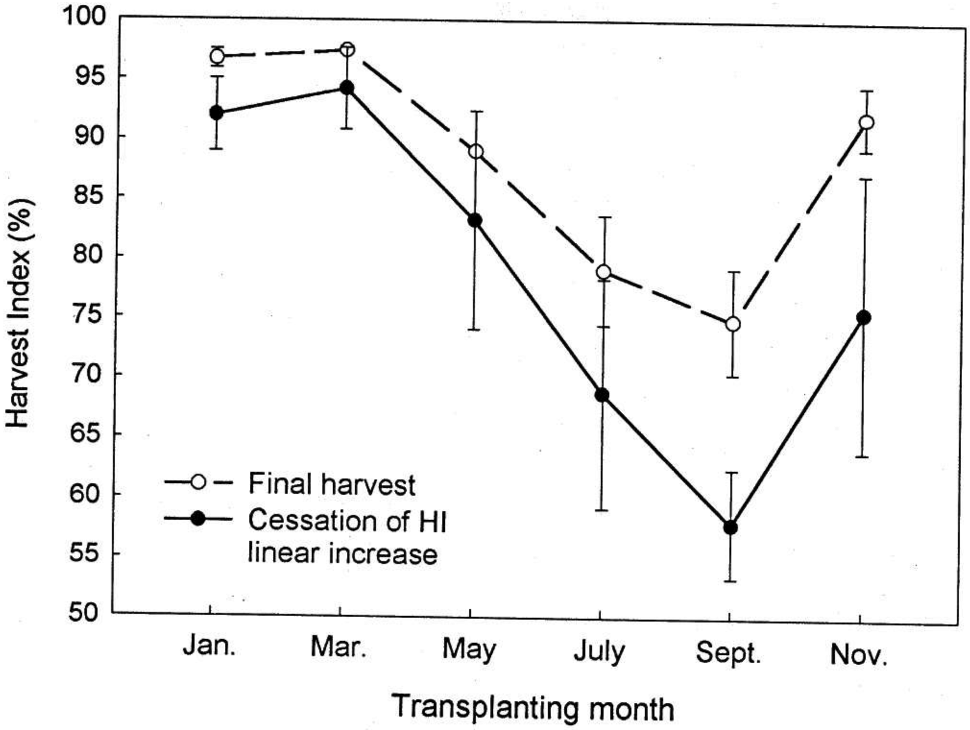


圖 5. 水芋於線性增加期結束及最終採收時之收穫指數在不同種植期之間的差異。（點爲兩年平均，誤差區間爲兩年之差值）

Fig. 5. Difference of the harvest index （HI） at the cessation of linear increase and final harvest in wetland taro among different transplanting months. （Point for mean of two years, error bar for difference between two years）

長初期之夏季的高溫多日照，使得球莖消耗變快，但也有利於光合作用，加速新葉的生成，致使HI線性增加期開始較早（故遲滯期較短），但因爲生長中期後即進入秋冬，氣溫及日射量變低，HI線性增加期很快就結束，縱然該時期的速率未必低於 1、3 月種植月份，但因爲早期供源強度不足，最終也無法獲致高的收穫指數。5 月及 11 月種植月份的最終收穫指數雖然相近，但形成因素卻大不相同：5 月種植月份的 HI 線性增加期的速率較高（線性增加期開始於夏季中期，高溫多日照有利於提高速率）但持續期較短（線性增加期因進入冬季，低溫及低日射量影響光合成物質之同化及轉運，因而提早結束）；而 11 月種植月份的 HI 線性增加期因持續時間較長（從春季即開始，一直到秋天來臨），雖然其速率最低（生長初期連續 3、4 個月之低溫及低日射量，使水芋葉片生長不良，早期供源強度因此不足），卻正好產生了補償作用。綜觀之，水芋最終 HI 之表現，主要決定於 HI 線性增加期的速率及持續時間，而以時間長短最爲重要。由圖 5 亦可以看出，7～11 月種植月份的最終收穫指數在年度之間的變異遠大於其他種植月份，這是因爲其栽培期間的地上部容易受到梅雨或颱風之異常氣候影響，故生長表現較不穩定。

討　論

數學函數係根據一些簡單的假設前提，在可容忍的準確度下，以發展出生長曲線來表現生長的特

性，相當於是以動態的方法來描述植物之生長分析[22]。同一套生長資料，利用不同函數配合，可能準確度都很高，而且不同函數之間未必可以很準確地作一明顯的區分[14,28,29]，但是如果整個函數或生長參數無法表達出生物學上的意義，根本沒有生物上之應用價值[14,28]。本研究利用連續的三相分段線性函數，不但可以配適水芋之收穫指數的動態生長曲線非常良好，其模式中所包含的生長參數也具備有生物上的意義。若是使用三次曲線迴歸函數（$HI=a+bt+ct^2+dt^3$），雖然也能配適良好（作者另行分析，但並未列入本研究報告中），但最多也只能從迴歸係數估値利用一次微分以推測出 HI 最低値發生的時間（此相當於三相分段線性函數中線性增加期的開始）而已。由本研究之三相分段線性函數的公式（[2]式），可以看出這是一種線性內插多項式（linear interpolation polynomial）[15]，有別於使用最小平方法（least squares method）所配適的分段直線迴歸式（piecewise linear regression）[21]。線性內插多項式是比較簡單的線性方程組，在求解過程中只能特定一個近似的準確度，而不可能準確地表示出它的準確度，因此總是需要限定誤差的大小，以迭代法求得一個接近眞值的近似值。多項式的配合，事實上隱含的假設是這些數據沒有試驗機差（除了取捨以外），所以它能剛好在數據點適切的配合內插多項式。假若這是含有試驗機差的資料，對於精確性的假設將是不正確的，而最小平方法是求出這問題的最佳曲線配適方法[15]。但是迴歸分析必須建立在試驗機差符合常態分布之假設前提上[21]，而收穫指數爲百分比資料，並不一定符合常態分布；再者，迴歸分析的資料點數若太少，則容易有過度配合（over-fit）的現象，將影響迴歸係數估計的準確度[17]，而本研究將水芋收穫指數隨時間之變化分爲三段直線時期，通常在遲滯期及成熟期的點數都很少，故假若利用分段直線迴歸未必有效。因此，本研究捨最小平方法之分段做迴歸，而採內插多項式來建立水芋收穫指數的動態模式，故稱之爲三相分段線性函數，而非分段直線迴歸。

在所建立之水芋收穫指數的動態模式中，以HI線性增加期的開始（T_1）、結束（T_2）、速率及持續時間對解析最終 HI 表現上最爲有利。Chapman *et al.*[7] 在 Hall *et al.*[11,12] 所假設之 HI 線性增加不受基因型、栽植時間及營養條件影響之基礎下，發展出向日葵生長發育之作物模擬模式，並利用穀粒充實之 HI 線性增加期的速率，來決定出最終 HI 及產量。但利用 HI 之線性增加來預測產量，則有必要同時定義線性增加期的開始及停止之時間。Hall *et al.*[10] 定義向日葵胚芽生長之線性增加期開始於小荀花開花後第 8 天，但 Chapman *et al.*[7] 爲求簡化，則定義向日葵遲滯期爲第一次發現開花到生理成熟之間前 10 %時間，而線性增加期則開始於前 50 %及停止於後 90 %時間。然而，水芋全生育期均處於營養生長狀態，甚難由植株外觀或生理狀態來已知確認，同時水芋的球莖產量及 HI 對生長期間之環境條件十分敏感[3,5]，因此一個好的水芋 HI 動態模式，必須可以預估出 HI 線性增加期的開始及結束，同時能夠解釋芋作物在其全生育期間所遭受之環境變異。由本研究從動態模式之解析中，可知水芋 HI 的動態生長受到栽培季節之氣候變化影響甚鉅，而其中以 HI 線性增加期的開始及結束對氣溫及日射量最爲敏感，尤其是氣溫，以致造成不同種植期之間差異極爲明顯，但 HI 線性增加期的速率似乎對不同種植期的季節性變異較不敏感。此與在小麥[30]、玉米[19,20]、花生[13]、向日葵[6]方面之研究發現溫度會影響 HI 線性增加的看法，並不相同。按小麥、玉米、花生、向日葵這些一年生作物從營養生長期、開花期到成熟期的時間都比較固定，受外界環境條件影響也較小，故氣溫之影響主要表現在速率上。但多年生之芋作物的全生育期非常長，且地上部旺盛期及球莖快速膨大期因種植期不同而有明顯差異[5]，因此當 HI 線性增加期很長時，絕對會比速率相近但持續時間很短來得有利，如 1、3 月種植期之優於 7、9 月種植期。若 HI 線性增加期的持續時間相近，則氣溫對線性增加速率的影響才可能凸顯出來。線性增加期的速率及持續期之間若能達到某種平衡，多少也能產生補償作用，如 5 月種植期之速率較高但持續期較短，與 11 月種植期之持續期較長但速率最低，致使該兩個種植月份最終之 HI 相近。至於水芋遲滯期之持續時間與速率在不同種植期間的變異，主要也是受到氣溫之影響，此與小麥[24]及向日葵[6]之研究發現上一致。但由於水芋全生育期相當長，生長初期（遲滯

期）的表現對其最終球莖產量之影響並不明顯。綜言之，對水芋而言，其最終 HI 之表現主要決定於 HI 線性增加期的速率及持續時間，而以時間長短最爲重要。

誌　謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會補助經費（NSC85-2321-B055-005, NSC86-2321-B055-002, NSC87-2321-B055-003），特此誌謝。

引用文獻

1. 李良。1986。甘藷收穫指數之變異及其在育種上關係之研究。中華農學會報 136:25-36。
2. 李良。1987。甘藷收穫指數之遺傳及其與塊根乾物收量等有關性狀之關係。中華農學會報 140:11-22。
3. 陳烈夫。1996。水芋收穫指數與乾物質生產分配之關係。中華農業研究 45:174-185 。
4. 陳烈夫、呂秀英、呂椿棠、賴吉雄。1995。水芋葉面積與乾物質生產之關係。中華農業研究 44:59-71。
5. 陳烈夫、呂椿棠、呂秀英。1998。水芋在不同栽培季節之生長分析。中華農業研究 47:220-241。
6. Bange, M. P., G. L. Hammer, and K. G. Rickert. 1998. Temperature and sowing date affect the linear increase of sunflower harvest index. Agron. J. 90:324-328.
7. Chapman, S. C., G. L. Hammer, and H. Meinke. 1993. A sunflower simulation model: I. Model development. Agron. J. 85: 725-735.
8. Donald, C. M., and J. Hamblin. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. Adv. Agron. 28:361-405.
9. Goyne, P. J., H. Meinke, S. P. Milroy, G. L .Hammer, and J. M. Hare. 1996. Development and use of a barley crop simulation model to evaluate production management strategies in north-eastern Australia. Aust. J. Agric. Res. 47:997-1015.
10. Hall, A. J., C. A. Chiamenti, F. Vilella, and G. Freir. 1985. Timing of water stress effects on yield components in sunflower. pp.131-136. In: Proc. Int. Sunflower Conf., 11th, Mar del Plata, Argentina. 10-13. Mar. 1985. Int. Sunflower Assoc., Paris, France.
11. Hall, A. J., D. J. Connor, and D. M. Whitfield. 1989. Contribution of pre-anthesis assimilates to grain filling in irrigated and water-stressed sunflower crops: I. Estimates using labelled carbon. Field Crops Res. 20:95-112.
12. Hall, A. J., D. J. Connor, and D. M. Whitfield. 1990. Contribution of pre-anthesis assimilates to grain filling in irrigated and water-stressed sunflower crops: II. Estimates from a carbon budget. Field Crops Res. 24:273-294.
13. Hammer, G. L., T. R. Sinclair, K. J. Boote, G. C. Wright, H. Meinke, and M. J. Bell. 1995. A peanut simulation model: I. Model development and testing. Agron. J. 87:1085-1093.
14. Hunt, R. 1982. Plant Growth Curves-The functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold Ltd., London.
15. Johnson, L.W., and Riess, R. D. 1982. Numerical analysis. 2nd. ed., Addison-Wesley Inc., London.
16. Kawano, K. 1978. Genetic improvement of cassava （*Manihot esculenta* crantz） for productivity. Trop. Agric. Res. Ser. 11: 9-21.
17. Montgomery, D. C., and A. E. Peck. 1982. Introduction to linear regression analysis. John Wiley & Sons, New York.
18. Moot, D. J., P. D. Jamieson, A. L. Henderson, M. A. Ford, and J. R. Porter. 1996. Rate of change in harvest index during grain-filling of wheat. J. Agric. Sci. Camb. 126:387-395.
19. Muchow, R. C. 1990a. Effect of high temperature on grain growth in field-grown maize. Field Crops Res. 23:145-158.
20. Muchow, R. C. 1990b. Effect of high temperature on the rate and duration of grain grwoth in field-grown *Sorghum bicolor* （L.） Moench. Aust. J. Agric. Res. 41:329-337.
21. Neter, J., M. H. Kutner, C. J. Nachtsheim, and W. Wasserman. 1996. Applied Linear regression models. 3rd. ed., Richard D. Irwin Inc., London.
22. Radford, P. J. 1967. Growth analysis formulae - their use and abuse. Crop Sci. 7:171-175.
23. Sadras, V. O., M. P. Bange, and S. P. Milroy. 1997. Reproductive allocation of cotton in response to plant and environmental factors. Ann. Bot. （London） 80:75-81.
24. Sofield, I., L. T. Evans, M. G. Cook, and I. F. Wardlaw. 1977. Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. Aust. J. Plant Physiol. 4:785-797.

25. Speath, S. C., and T. R. Sinclair. 1985. Linear increase in soybean harvest index during seedfilling. Agron. J. 77:207-211.
26. SPSS Inc. 1997a. SigmaPlot user's manual. SigmaPlot 4.0 for Windows. SPSS Inc., Chicago.
27. SPSS Inc. 1997b. Transforms & regressions reference manual. SigmaPlot 4.0 for Windows. SPSS Inc., Chicago.
28. Thornley, J. H. M., and I. R. Johnson. 1990. Plant growth functions. pp. 74 - 88. In: Plant and crop modeling: A mathematical approach to plant and crop physiology. Oxford, New York.
29. Venus, J. C., and D. R. Causton. 1979. Plant growth analysis: A re-examination of the methods of calculation of relative growth and net assimilation rates without using fitted functions. Ann. Bot. 43:633-638.
30. Vos, J. 1981. Effects of temperature and nitrogen grain supply on post-floral growth of wheat: Measurements and simulations. Agric. Res. Rep. 911, Pudoc, Wageningen.

附錄. 三相分段線性函數公式之推導由來

假若函數f_1在t_1與T_1之間是線性的，而$f_1(t_1)=x_1$與$f_1(T_1)=x_2$爲同號，設t在t_1與T_1之間，$f_1(t)=x$，從下圖中可看出兩個明顯的相似直角三角形，其斜率相同，因此該兩個三角形兩邊的比值應該相等，故利用內插法，我們可以寫成：

$$(T_1-t_1)/(T_1-t)=(x_2-x_1)/(x_2-x),$$

即 $(x_2-x)(T_1-t_1)=(x_2-x_1)(T_1-t)$

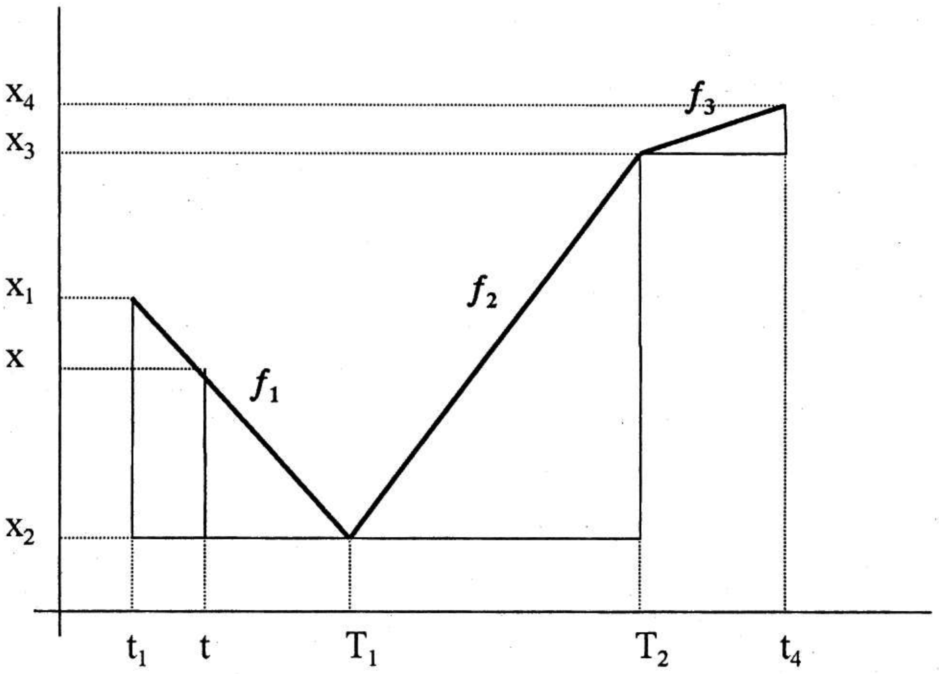
故 $x=[x_2(T_1-t_1)-(x_2-x_1)(T_1-t)]/(T_1-t_1)$

$=[x_1(T_1-t)+x_2(t-t_1)]/(T_1-t_1)$

同理，當t落在T_1與T_2之間或T_2與t_4之間時，可以推導出$f_2(t)$及$f_3(t)$的公式，分別爲：

$$f_2(t)=[x_2(T_2-t)+x_3(t-T_1)]/(T_2-T_1), \quad \text{if } T_1\le t\le T_2$$

$$f_3(t)=[x_3(t_4-t)+x_4(t-T_2)]/(t_4-T_2), \quad \text{if } T_2\le t\le t_4$$



Dynamic Model of Harvest Index in Wetland Taro [*Colocasia esculenta* (L.) Schott][1]

Hsiu-Ying Lu [2], Chun-Tang Lu [2] and Lit-Fu Chan [3]

Summary

The objective of this study was to develop a dynamic model of harvest index （HI） in wetland taro. Based on this model, we investigated the seasonal variation of the estimates of growth parameters under different transplanting months, and examined its effect on final HI. The responses of HI with time under different transplanting months were all fitted well using a continuous three-phase piecewise linear function. This model explained more than 95% of total harvest index variation. The rate and duration of linear HI increase for each linear phase （lag, increase, maturity） were then predicted. Climatic factors affected the onset and cessation of linear HI increase. This resulted in the seasonal variation of final HI under different transplanting months. The duration of HI linear increase appeared to be more important for final HI. The rate and duration during lag phase and maturity stage had no significant effect on final HI.

Key words: Wetland taro, Harvest index, Dynamic model, Three-phase piecewise linear function, Seasonal variation.

---

1. Contribution No. 1977 from Taiwan Agricultural Research Institute .
2. Respectively, Senior Statistician and Assistant Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Research Assistant, Office of Farm Management, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）48(2)：100～127（1999）

施用石灰與硼砂對山葵品質與產量之影響[1]

王鐘和[2] 胡敏夫[3] 羅朝村[4] 林毓雯[2] 黃維廷[2] 丘麗蓉[2]

摘要：針對本省山葵產地阿里山達邦地區山葵產量及品質均低之缺憾，本試驗探討施用石灰及硼砂對山葵品質及產量之影響。結果如下：施用石灰 2 或 4ton/ha 均明顯提昇試區土壤之 pH 值，促進山葵生育，提高全株鮮重及根莖鮮重之產量，而兩級石灰處理間未達顯著差異，施用石灰及硼砂均減低根莖罹患黑心症之嚴重度（black rot severity,%），施硼砂明顯降低根莖罹患條斑病之嚴重度(streak disease severity,%)，施石灰則無此效果。達邦地區海拔約 1270m，夏季溫度較高，不利山葵生長，植株全鮮重明顯下降，尤其台農 1 號最爲明顯。根莖鈣含量與根莖黑心症嚴重度呈顯著負相關，根莖鈣含量與根莖條斑病嚴重度無明顯相關。秋植區根莖硼含量與根莖黑心症嚴重度呈顯著負相關，春植區則無；根莖硼含量與根莖條斑嚴重度呈顯著負相關，兩作試區之結果相同。田間試區山葵根莖之鈣含量及硼含量均明顯較生長箱盆栽植株低，顯示田間試區有限制植株吸收鈣及硼素之因素存在。生長箱內種植山葵之試驗結果亦顯示施石灰明顯促進植株生長，提高山葵產量，施硼砂僅對無石灰處理株有顯著增加植株產量之效果，對施石灰處理株則無明顯效果。

關鍵詞：山葵、石灰、硼砂、山葵黑心症、山葵條斑病。

前　　言

山葵(*Wasabia japonica* Matsum)爲十字花科之多年生草本植物，喜陰溼環境，生育適溫爲 8-18℃，通常被栽培於高冷地之杉木下。全株均具有獨特風味，以香、辛、甘及粘等四種特性傲居所有香辛料作物之上，非爲人工替代物所能比擬。含芥子油類與糖類結合成配醣體，各種酵素及維生素等，有促進食慾、防腐及抗菌特性，並有解毒、發汗、利尿及清血等功用，常作爲吃生魚片之佐料[17]。本省山葵栽培歷史，經查考始於民國 3 年，由日人佐藤昌氏自日本引進至阿里山栽培，至今已 80 餘年[6,14]。

據廖氏[14]報告阿里山地區栽培之山葵感染黑心病相當嚴重且普遍，其感病率高達 100 %，感病程度有輕有重，外銷日本必須切除罹病的部位，因此，外銷部份常只及採收量的 30 %，影響農民收益甚巨。本省一般所稱的黑心病，泛指山葵根莖內髓(pith)組織部份具有黑色徵狀，其程度有輕有重，輕者呈黑灰色，重者則呈黑色，嚴重時甚至腐爛呈黑色空心狀。根莖內黑灰色或黑色徵狀發生之範圍有大有小，大者幾乎佔滿整個根莖縱切面，輕者則成小點狀。若依病理觀點來看，此一病徵屬於二種病因所造成。即分別爲感染性病害(infection disease)及非感染性病害（noninfection disease）。仔細的檢視根

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1978 號。
2. 本所農化系副研究員、助理、助理及計畫助理。臺灣省　台中縣　霧峰鄉。
3. 本所農藝系助理研究員。
4. 本所植病系副研究員。

莖縱切面可以發現部份根莖除了髓部變褐之徵狀外，尚有初期只呈現一維管束褐化之病徵[17,19,20]，後期則擴展整個維管束甚至髓部。一般而言，此種山葵根莖維管束褐化的病徵係由山葵黑心病黴菌(*Phoma wasabiae* Yokogi) 所引起[17,20]。其徵狀是根莖受感染部位之維管束先褐化(包括葉脈亦同)，並向上或向下延伸；後期則擴展至根莖其它部位組織[17,20]。若從根莖縱剖面觀之，受害維管束呈褐色線條狀。因此在日本又稱此病害爲條斑病(streak disease)[15,20]，其病勢進展受溫度及濕度等氣候因子變化的影響[2,16,18]，台灣則僅稱之爲黑心病[2]。根莖有上述徵狀時，農民不但要多僱工切除罹病的部位，增加工資支出，根莖產量也因而降低，並且亦因根莖一部份被切除，商品等級下降，造成每公斤售價下降，確實對農民的收益造成極大的損害。

農試所於阿里山達邦地區之試驗結果[4]顯示本省山葵植體中鈣、硼含量偏低，對照區之葉部及根莖鈣含有率僅各爲 1.50 及 0.57％ ，而日本栽植山葵之鈣含有率約爲 3.8％ (葉部)及 1.3％ (根莖)[17] ；硼含有率則僅各爲 15.8 及 10.8 ppm，而一般十字花科之硼含有率爲 22.2～64.5 ppm[3]。且鈣、硼含有率與根莖黑腐比率及黑腐嚴重度有顯著負相關，有關土壤改良以提高山葵鈣、硼含量及營養障礙與黑心病症之相關研究，值得加以探討。因此，爲改善此種根莖普遍具有黑心病症之情形，探究形成之原因及解決之道。本試驗將根莖之病症區分爲黑心症(根莖內髓細胞部位具黑色徵狀者)，及條斑病(維管束褐化者)兩種，探討其發生情形與營養狀況間之關係。

材料與方法

一、田間試驗

㈠供試品種：紅莖種(70-1-1)及青莖種(台農 1 號)

㈡試驗方法：採複因子試驗，RCBD 設計，二個變因，即(A)石灰用量分 0、2、4 ton/ha 三級，(B)硼砂用量分 0、20、40 kg/ha(分兩次施用,種植基肥施 20 kg/ha，隔年連同化學肥料再追施 20kg/ha(本試驗於種植後 9 個月時施用))三級，計 9 處理，四重覆，36 小區，小區面積 6m^2，種植行株距 40×20cm，每畦種 4 行，每行種 15 株。種植前一個月施石灰後整地翻犁深約 15cm 左右，依地形設築簡易平台階段，等高種植。複合 5 號肥料用量爲 1,800kg/ha(含 N 288kg，P_2O_5 144kg , K_2O 216 kg)；施用方法乃以二分之一量於種植時作基肥施用，餘量於隔年(依期作而異)施用。種植時間採春作及秋作，收穫時間爲種植後 21 個月(秋植)及 25 個月(春植)。

㈢調查項目：定期取樣調查植體收量，分析植體之要素含量、土壤理化性質，並記錄根莖及葉片病變情形。收穫時調查其根莖直徑及長度、分蘗數及產量，要素含量、土壤理化性質[1]及熱水可溶硼含量[5,8]並調查植體罹患黑心症及條斑病之嚴重度，方法如下：

(1)黑心症嚴重度(black rot severity,%)：係將根莖縱切面黑心程度分爲五級；分別爲 0 級：無任何黑心徵狀者，1 級：根莖縱切面黑心徵狀者面積佔全面積 0—10%者，2 級：根莖縱切面黑色徵狀佔全面積 11—25%者，3 級：根莖縱切面黑色徵狀面積佔全面積 26—50%者，4 級：根莖縱切面黑色徵狀面積佔全面積 50%以上者，再依下式計算所得：

$$\text{黑心症嚴重度(\%)}=\frac{1*n1+2*n2+3*n3+4*n4}{4*N}*100$$

N：調查根莖數

n1,n2,n3,n4：各級根莖數

(2)條斑病嚴重度(streak disease severity，%)；係將維管束褐化程度分爲五級；分別爲 0 級：無任何維管束褐化者，1 級：根莖縱切面維管束褐化之長度佔全維管束長度 0—10%者，2 級：根莖縱切面維管束褐化之長度佔全維管束長度 11—25%者，3 級：根莖縱切面維管束褐化之長度佔全維管束長度 26—50%者，4 級：根莖縱切面維管束褐化之長度佔全維管束長度 50%以上者。再依下式計算所得

$$條斑病嚴重度(\%)=\frac{1*n1+2*n2+3*n3+4*n4}{4*N}*100$$

N：調查根莖數

n1,n2,n3,n4 ：各級根莖數

二、生長箱盆栽試驗

於農試所生長箱室進行；供試品種：青莖種(台農 1 號)、紅莖種(70-1-1 品系)。供試土壤：採田間試區表土，風乾過篩(5mm)，每盒裝 2.5 公斤土壤。生長箱控制條件爲：日溫 22℃(有光照，期間 12 小時)，夜溫 18℃(無光照，期間 12 小時)，光照強度爲 8000lux。處理除同田間試驗外再於種植後 9 個月時增加接種病原菌液(1×10^5 conidial/ml)處理。栽培期間：84 年 4 月至 85 年 4 月。

結果與討論

選擇農友山葵園一處分別設置秋植及春植山葵試區，試區之土壤性質如表 1，試區土壤 pH 值 5.2 屬強酸性土壤，因該地 3 年前曾種植山葵，將部份表土中之石礫移走及施用有機質肥料，故表土小於 2 mm 之比率爲 56.9%，略高鄰近未墾地之 51.4%，熱水可溶性硼之測值表土爲 0.26ppm、底土則爲 0.19ppm，也略高於臨近未墾地之 0.19ppm 及 0.18ppm，屬硼含量較低之土壤[22]。有機質含量表底土分別高達 9.75 及 7.48%。秋植試驗區於 83 年 10 月種植，85 年 7 月收穫，春植試區則於 84 年 5 月種植，86 年 6 月收穫。試驗結果如下：

表 1. 試驗地之土壤性質

Table 1. Soil properties of the experimental field

Soil Depth	pH 1:1	O.M. %	Bray No.1 P ppm	Mehlichs No.1 K ppm	Exch. Ca cmol/kg	Hot water soluble B ppm	Texture	Soil <2mm%
0-15cm	5.2	9.75	23	74	2.97	0.26	Clay loam	56.9
15-30cm	5.0	7.48	14	68	2.10	0.19	Silty clay	41.5

一、田間試驗

㈠生育初期土壤 pH 值、產量與農藝性狀之比較

表 2 顯示秋植山葵種植後 9 個月時對照區表土之 pH 值平均爲 4.61 較種植前之 5.2 降低了 0.59 單位，其原因可能秋植區種植前試區土壤歷經多雨之夏季，土壤長期較潮濕，強酸性土壤之 pH 值會有昇高之現象，而秋植區種植後歷經秋及冬季等旱季(圖 1)，因雨水少，土壤較乾燥對照區土壤中硝酸態含量達 79.7ppm 較種植前之 37.5ppm 高出甚多，因而 pH 降低，土壤之 pH 值易受到環境因子之影響如水分、氮素含量等之影響而變動亦常被提及[10,11,12]。施用石灰 2 或 4 ton/ha 區土壤之 pH 值均顯著地高於對照區，分別爲表土增加 0.93 及 1.31 單位，底土則分別增加 0.32 及 0.36 單位，兩處理間之差異不顯著。春植區對照區表土之 pH 值爲 5.12 接近種植前樣本之 pH 值(表 1)，施用石灰 2 或 4 ton/ha 區土壤之 pH 亦分別較對照區顯著增加 0.73 及 1.14 單位(表土)，與 0.19 及 0.24 單位(底土)，兩處理間之差異亦不明顯，兩試區施用石灰 4 ton/ha 處理表土之 pH 值已提昇至 6.0 左右，已達適宜山葵生長之範圍 6.0～7.0[17]。

表 2. 各處理區土壤 pH 值(種植後 9 個月採樣)

Table 2. pH value in soil of different fertilizer treatments (sampling at 9 months after planting)

Treatment	Fall crop		Spring crop	
	Surface soil 0-15cm	Subsoil 15-30cm	Surface soil 0-15cm	Subsoil 15-30cm
Ca_0B_0[y]	4.47c[z]	5.10ab	5.05b	5.25a
B_{20}	4.83c	4.97ab	5.21b	5.46a
B_{40}	4.54c	4.70b	5.11b	5.44a
Mean	4.61	4.92	5.12	5.35
Ca_2B_0	5.41b	5.24a	5.99a	5.52a
B_{20}	5.58ab	5.20a	5.72a	5.61a
B_{40}	5.63ab	5.28a	5.85a	5.49a
Mean	5.54	5.24	5.85	5.54
Ca_4B_0	5.93a	5.12a	6.23a	5.61a
B_{20}	6.00a	5.30a	6.19a	5.55a
B_{40}	5.86a	5.42a	6.36a	5.61a
Mean	5.92	5.28	6.26	5.59

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

[y] Ca_0、Ca_2、Ca_4=$CaCO_3$ 0、2、4 ton/ha；B_0、B_{20}、B_{40}=Borax 0、20、40 kg/ha.

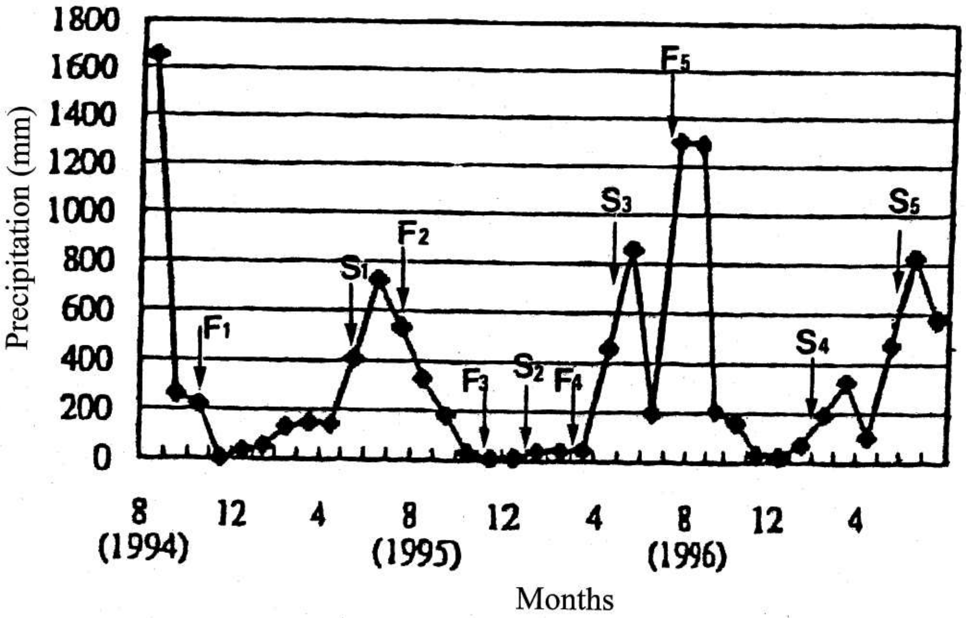


圖 1. 雨量之變化(資料來自阿里山氣象站；1994～1996，F1、F2、F3、F4 及 F5 分別代表秋作種植期，種植後 9 個月、13 個月、17 個月及 21 個月(收穫期)；S1、S2、S3、S4 及 S5 分別代表春作種植期，種植後 9 個月、13 個月、21 個月及 25 個月(收穫期)。

Fig. 1. The fluctuation of rainfall (data from Ali mountain weather station,1994～1996, F1,F2,F3,F4,F5: planting date, 9,13,17,21 months after planting of fall crop; S1,S2,S3,S4,S5: planting date, 9,13,21,25 months after planting of spring crop).

表 3 分別爲秋植區台農 1 號及 70-1-1 品系生育初期之產量與農藝性狀資料，台農 1 號之產量高於 70-1-1 品系，其原因可能爲種植時採用之台農 1 號之分櫱苗較 70-1-1 品系大，故其初期生育優於 70-1-1 紅梗品系，另外胡等[7]亦指出台農 1 號比 70-1-1 品系有較佳之產量。施用石灰 2 或 4 ton/ha 區植株之株高略高於對照區(不施石灰區)，但差異不顯著，而分櫱株之數目則顯著多於對照區。台農 1 號植株長得較佳，施用 2 或 4 ton/ha 石灰區之植株及根莖鮮重均顯著多於對照區，兩處理之間則無差異。而 70-1-1 品系之植株及根莖鮮重較少，施石灰 2 或 4 ton/ha 區略優於對照，但差異不顯著。春植區之資料亦顯示施用石灰 2 或 4ton/ha 植株生育均優於對照區，兩處理間未達顯著差異(表 4），秋植及春植試區山葵初期生長資料均顯示施用硼砂 20 kg/ha 區與對照區差異不大(表 3 及表 4)。

表 3. 各處理山葵之產量農藝性狀 (秋植區，種植後 9 個月採樣)

Table 3. Yields and agronomic characteristics of wasabi from different fertillizer treatments (fall crop, sampling at 9 months after planting)

	TN1				70-1-1			
Treatment	Plant ht. cm	Tiller number no./plant	Plant fresh wt. ton/ha	Rhizome fresh wt. ton/ha	Plant ht. cm	Tiller number no./plant	Plant fresh wt. ton/ha	Rhizome fresh wt. ton/ha
$C_{a0}B_0$[y]	35.3b[z]	5.8a	22.8b	1.01b	28.8a	3.3a	15.4b	0.93b
B_{20}	35.8b	3.5a	22.6b	1.02b	24.3a	2.3a	14.1b	0.99b
Mean	35.6	4.7	22.7	1.02	26.6	2.8	14.8	0.96
$C_{a2}B_0$	38.8ab	12.0a	43.3a	1.45b	30.0a	5.8a	22.0a	1.18a
B_{20}	39.8ab	10.3a	34.0a	1.49a	28.0a	6.8a	17.3ab	1.14a
Mean	39.3	11.2	38.7	1.47	29.0	6.3	19.6	1.16
$C_{a4}B_0$	41.3a	13.0a	47.1a	1.61a	29.8a	4.0a	19.9a	1.20a
B_{20}	41.5a	13.8a	49.3a	1.70a	26.5a	4.8a	21.6a	1.29a
Mean	41.4	13.4	48.2	1.66	28.2	4.4	20.8	1.25

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

[y] see Table 2.

表 4. 各處理山葵之產量及農藝性狀 (春植區，種植後 9 個月採樣)

Table 4. Yields and agronomic characteristics of wasabi from different fertilizer treatments (spring crop, sampling at 9 months after planting)

	TN1				70-1-1			
Treatment	Plant ht. cm	Tiller number no./plant	Plant fresh wt. ton/ha	Rhizome fresh wt. ton/ha	Plant ht. cm	Tiller number no./plant	Plant fresh wt. ton/ha	Rhizome fresh wt. ton/ha
$C_{a0}B_0$[y]	28.1b[z]	3.9a	9.3b	0.49b	17.9a	1.5a	5.2b	0.37b
B_{20}	29.5ab	4.8a	15.8b	0.60b	19.1a	1.5a	6.3b	0.44b
Mean	28.8	4.3	12.6	0.55	18.5	1.5	5.8	0.41
$C_{a2}B_0$	31.2ab	4.5a	11.6b	0.54b	18.5a	1.5a	6.9ab	0.48ab
B_{20}	32.5a	5.8a	17.3ab	0.79a	19.9a	1.3a	7.4a	0.62a
Mean	31.9	5.2	14.5	0.67	19.2	1.4	7.2	0.55
$C_{a4}B_0$	34.3a	6.9a	20.9a	0.94a	20.7a	1.9a	8.1a	0.58a
B_{20}	33.9a	6.3a	19.5a	1.02a	22.6a	2.1a	7.9a	0.59a
Mean	34.1	6.6	20.3	0.98	21.7	2.0	8.0	0.59

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test .

[y] see Table 2.

表 5 爲秋植區根莖罹患條斑病嚴重度之調查資料，顯示施用石灰 2 或 4 ton/ha 均降低根莖條斑病之嚴重程度，其原因可能爲施用石灰使表土 pH 值強酸性之 4.61 提昇爲 5.54(2 ton/ha 區）及 5.92（4 ton/ha 區）有助於土壤硼素有效性之提昇之故[21]。因而施硼砂僅在無施石灰區有顯著降低根莖條斑病嚴重度之效果，在施石灰區則因效果不明顯。春植區施用石灰 2 及 4 ton/ha 對減少根莖罹患條斑病嚴重度無明顯效果，可能因對照區 pH 值已達 5.11，施石灰提昇 pH 值對硼素有效性無明顯影響，秋植及春植區施用硼砂 20kg/ha 均顯著降低條斑病嚴重度。

表 5. 施用石灰及硼砂對防治山葵條斑病之效果(秋植區，種植後 9 個月採樣)

Table 5. Effect of lime and borax applications on severity of streak disease of wasabi (fall crop, sampling at 9 months after planting)

Treatment	Fall crop			Spring crop		
	TN1	70-1-1	Mean	TN1	70-1-1	Mean
$C_{a0}B_0$[y]	43.3a[z]	46.3a	44.8a	50.0a	37.5a	43.8a
B_{20}	25.0b	17.5bc	21.3b	37.5b	12.5bc	25.0b
Mean	34.2	31.9	33.1	43.8	25.0	34.4
$C_{a2}B_0$	27.5b	27.5b	27.5ab	43.8b	33.3a	38.6a
B_{20}	30.0b	20.0b	25.0b	37.5b	25.0b	31.3b
Mean	28.8	23.8	26.3	40.7	29.2	35.0
$C_{a4}B_0$	30.3ab	15.0c	22.5b	50.0a	37.5a	43.8a
B_{20}	25.0b	17.5c	21.3b	37.5b	21.9b	29.7b
Mean	27.5	16.3	21.9	43.8	29.7	36.8

[z] % of streak disease severity, means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test .

[y] see Table 2.

㈡生育中期產量與根莖病症之比較

圖 2 及圖 3 係秋植及春植區種植後 13 及 17 個月(春植區爲 21 個月)時植株鮮重資料，顯示施用硼砂略有增加植株鮮重之效果，但差異不顯著。而施用石灰 2 或 4 ton/ha 區之植株鮮重均明顯高於對照區,增加之幅度分別達(數據爲三級硼砂處理之平均)：56％ 及 72％ (秋植區台農 1 號，種植後 13 個月)；31 %及 41 %(秋植區 70-1-1 品系，種植後 13 個月)；44 %及 42 %(秋植區台農 1 號，種植後 17 個月)；44 %及 63 %(秋植區 70-1-1 品系，種植後 17 個月)；51 %及 68 %(春植區台農 1 號，種植後 13 個月)；5 %及 14 %(春植區 70-1-1 品系，種植後 17 個月)；61 %及 75 %(春植區台農 1 號，種植後 21 個月)；21 %及 27 %(春植區 70-1-1 品系，種植後 21 個月)，施用石灰 2ton/ha 或 4ton/ha 兩處理間差異不大。施用石灰及硼砂均有降低根莖黑心症嚴重度之效果(圖 4 及圖 5)，隨著硼砂用量之增加根莖罹患條斑病之嚴重度明顯降低，而施石灰則無此效果(圖 6 及圖 7)。

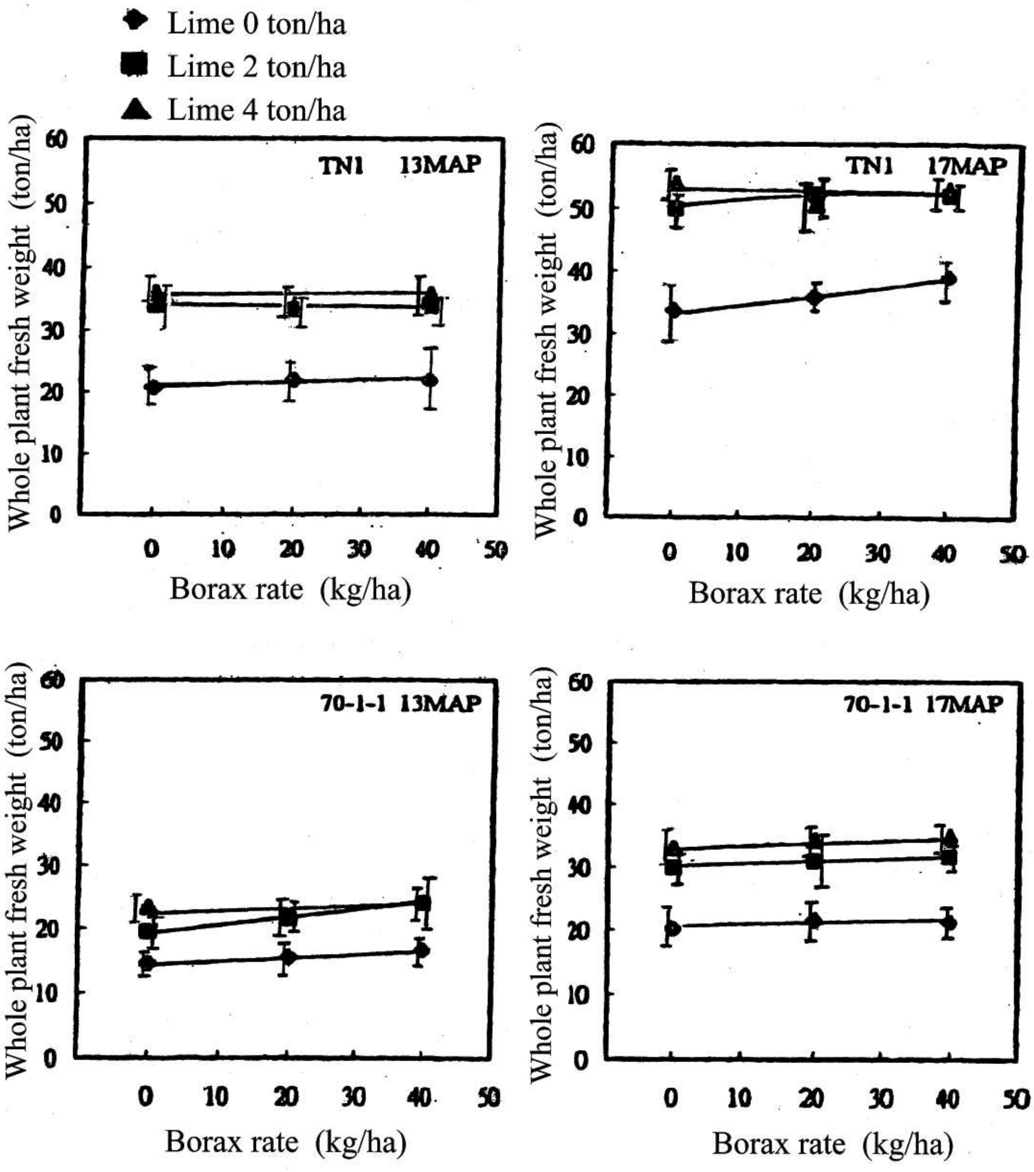


圖 2. 施用石灰與硼砂對山葵全株鮮重之影響(MAP:種植後月數，秋植區)。

Fig. 2. Effects of lime and borax applications on whole plant fresh weight of wasabi. (MAP: months after planting, fall crop)

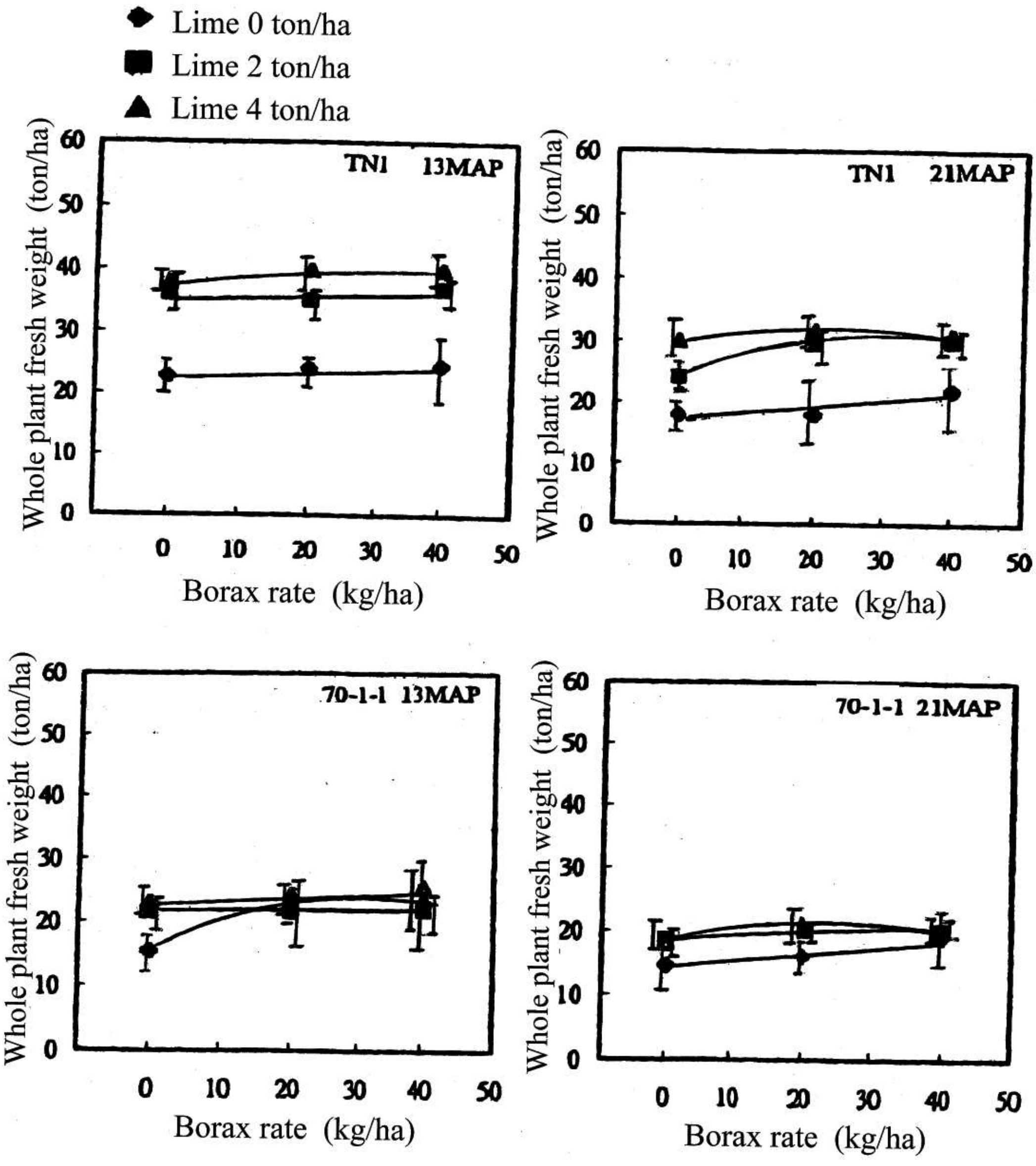


圖 3. 施用石灰與硼砂對山葵全株鮮重之影響(MAP:種植後月數，春植區)。

Fig. 3. Effects of lime and borax applications on whole plant fresh weight of wasabi. (MAP: months after planting, spring crop)

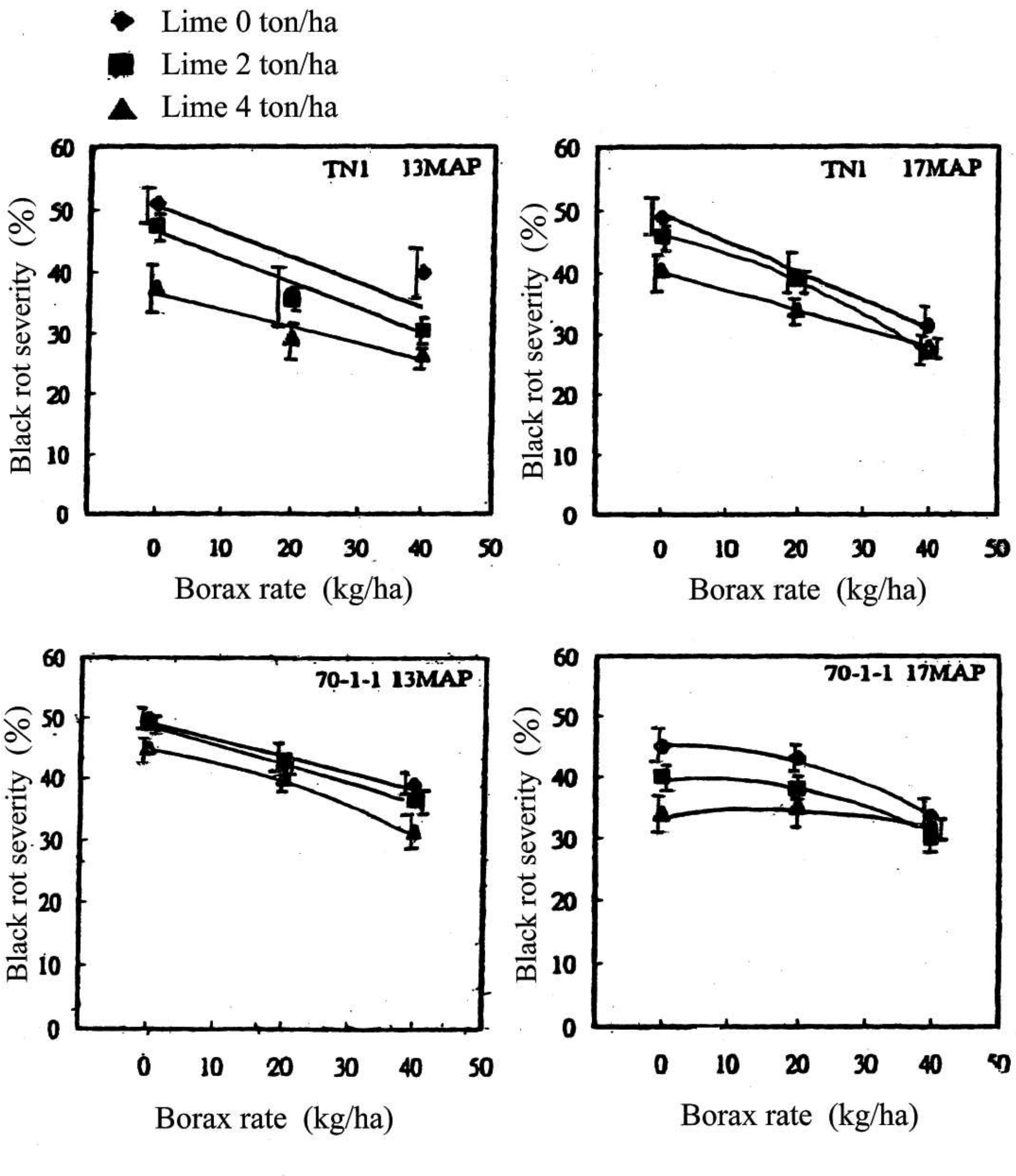


圖 4. 施用石灰與硼砂對山葵根莖黑心症嚴重度之影響(MAP:種植後月數，秋植區)。

Fig. 4. Effects of lime and borax applications on black rot severity of wasabi.

(MAP: months after planting, fall crop)

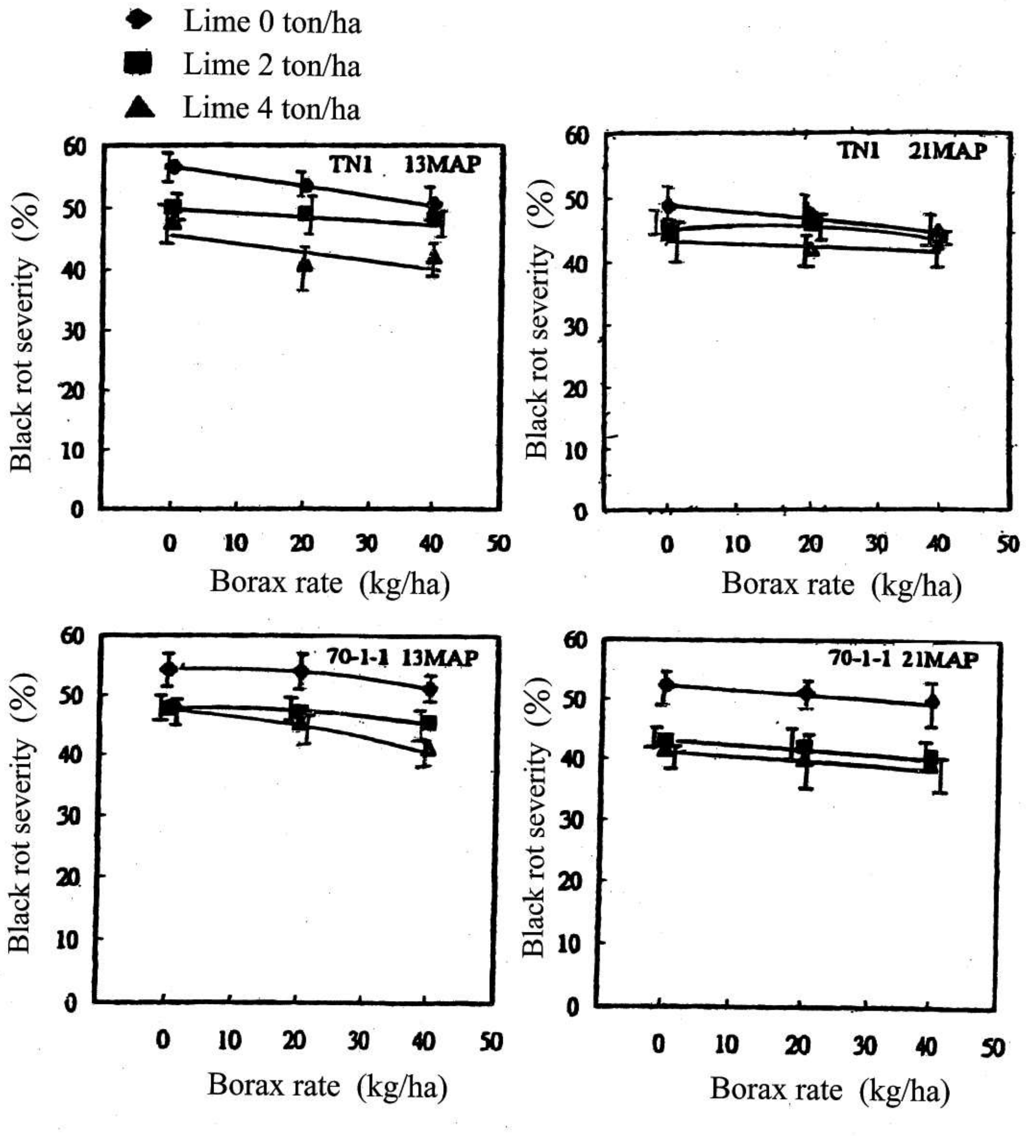


圖 5. 施用石灰與硼砂對山葵根莖黑心症嚴重度之影響 (MAP:種植後月數，春植區)。

Fig. 5. Effects of lime and borax applications on black rot severity of wasabi.
(MAP: months after planting, spring crop)

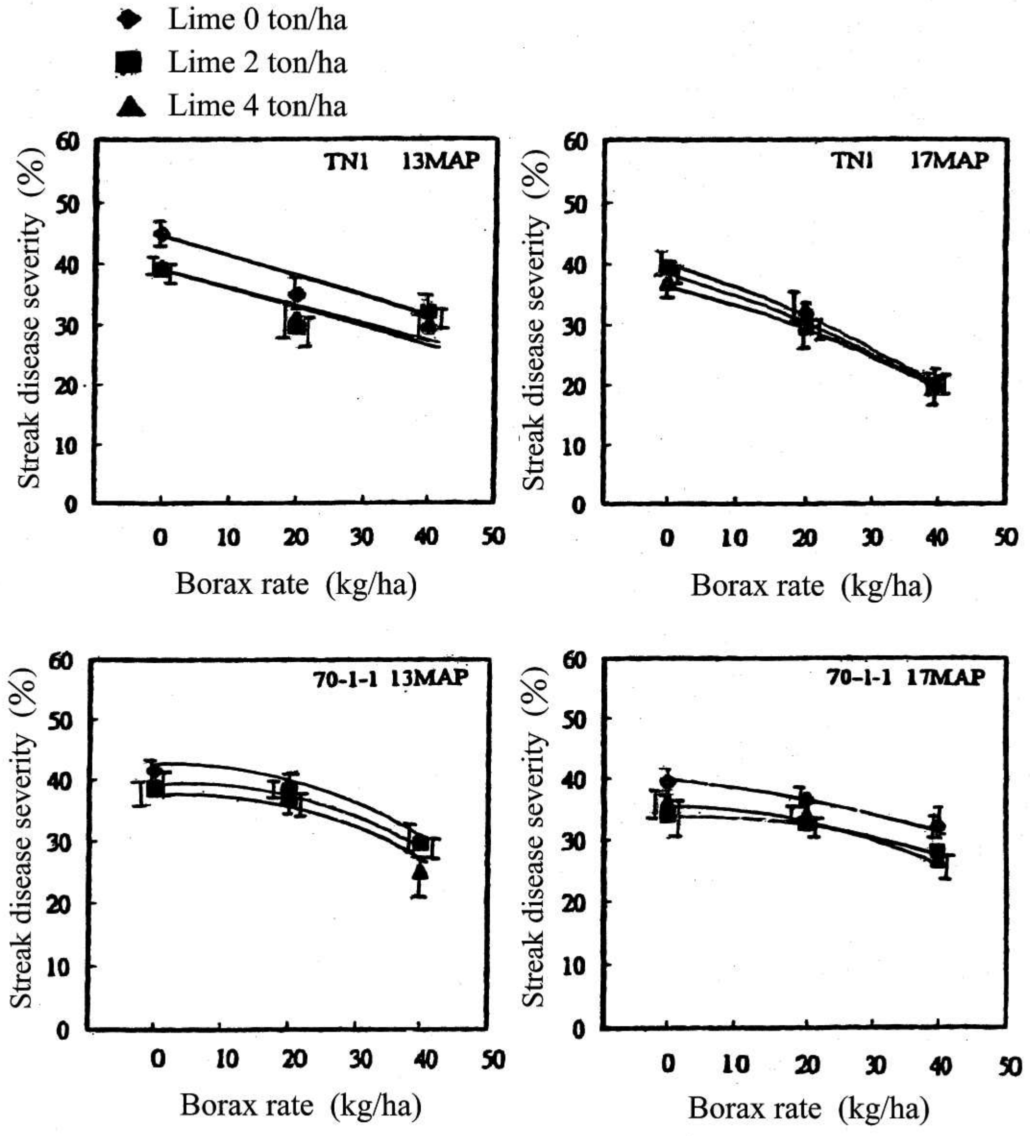


圖 6. 施用石灰與硼砂對山葵根莖條斑病嚴重度之影響 (MAP:種植後月數，秋植區)。

Fig. 6. Effects of lime and borax applications on streak disease severity of wasabi.
(MAP: months after planting, fall crop)

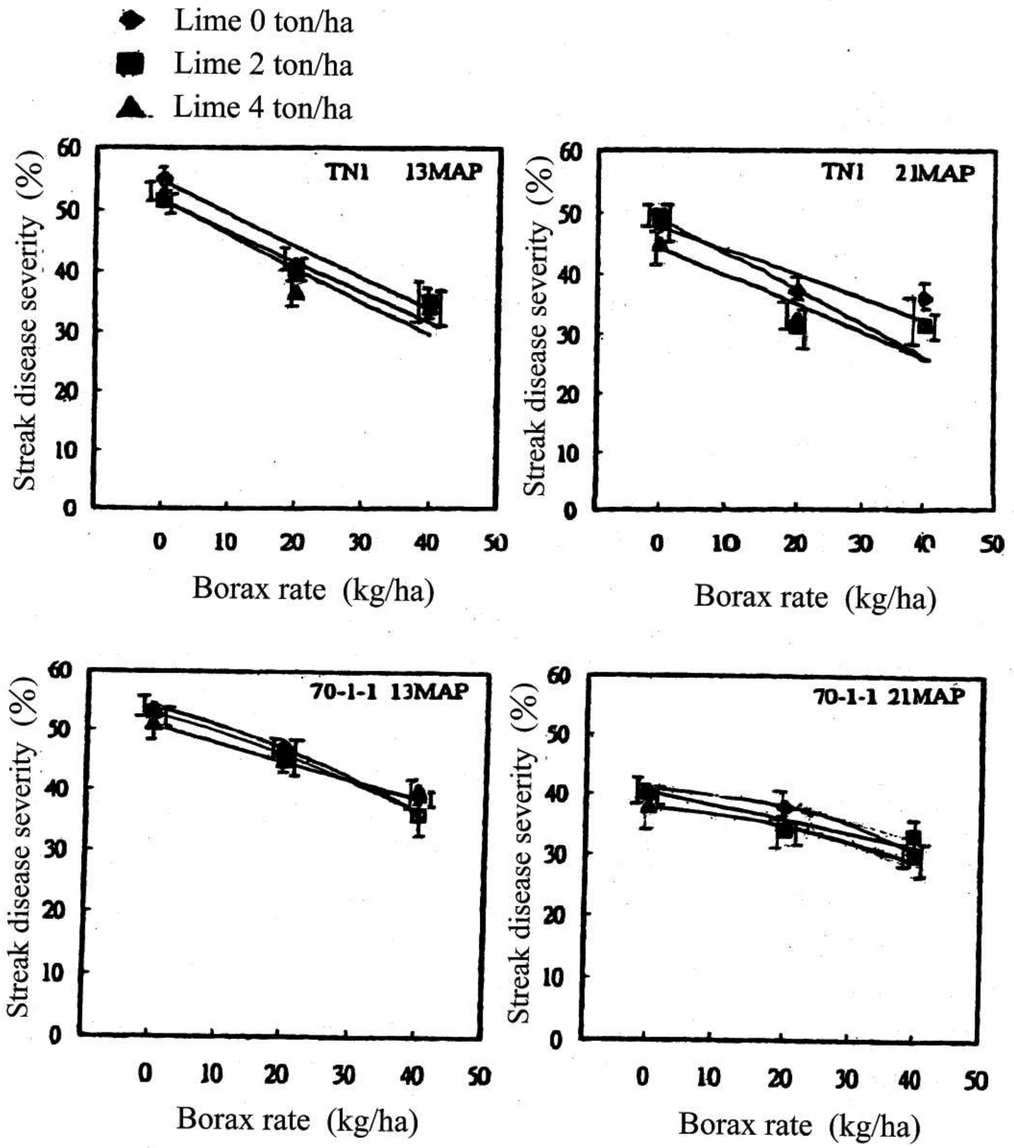


圖 7. 施用石灰與硼砂對山葵根莖條斑病嚴重度之影響 (MAP:種植後月數，春植區)。

Fig. 7. Effects of lime and borax applications on streak disease severity of wasabi. (MAP: months after planting, spring crop)

㈢收穫期產量、根莖病症與鈣、硼含量之比較

秋植區種植後21個月之收量資料顯示施用石灰2或4 ton/ha處理區山葵植株及根莖鮮重顯著高於對照處理者，兩者間無明顯差異，兩品系之結果相同，施用硼砂20及40kg/ha則僅在無施石灰區明顯有增加全株及根莖鮮重之效果，增產幅度分別爲台農1號施硼砂20kg/ha處理比對照區全株鮮重增加29％，根莖鮮重增加22％，硼砂40kg/ha處理全株鮮重增加50％，根莖鮮重增加36％；而70-1-1品系施硼砂20kg/ha區全株鮮重增加31％，根莖鮮重增加11％，硼砂40kg/ha區全株鮮重增加53％，根莖鮮重增加27％(以上數據係由表6及表7之無石灰處理之數據計算所得)。惟僅 70-1-1 品系之無施石灰區施硼砂之增產效果達統計上之顯著（表6及表7）。春植區種植後25個月之收量資料亦顯示相似之結果（表8及表9)。秋植區根莖鈣含量與根莖黑心症嚴重度及條斑病嚴重度之相關圖顯示根莖鈣含量增加時有降低70-1-1品系黑心症及條斑病嚴重度之效果，對台農1號之影響則不明顯(圖8)。增加硼含量亦有降低黑心症及條斑病嚴重度之效果，硼含量與條斑病嚴重度則呈顯著負相關（圖9）。春植區之資料亦顯示鈣含量增加可顯著降低根莖黑心症嚴重度(圖10)，根莖硼含量增加時，條斑病嚴重度顯著降低(圖11)。由於鈣及硼兩元素均與細胞之生長分化有密切之關係，鈣爲構成植物體中膠層之重要成分，在細胞膜或細胞壁存在較多，具有中和植物體內過剩之有機酸，強化細胞壁組織及調節體內水分等功能。移動性小，缺乏時新生部位易受影響，缺乏症狀有蕃茄尻腐症，白菜和芹菜之心腐症等。硼則與細胞分裂，花粉受粉，養分吸收及糖分之輸送等有切關係，移動性亦小，故缺乏時生長點之生長停止，變脆、變黃而枯死；根部或莖部之中心部分變黑，根莖類缺硼時易生心腐病，缺硼之症狀與缺鈣者相似[3,9,21]。而本試驗中山葵根莖鈣含量爲0.5.0％，明顯低於日本所種植山葵之鈣含量(根莖約1.0～1.6％)[17]。根莖之硼含量則僅爲10～20ppm，甚低，與著者1996年之結果相似[4]，雖缺乏其它前人有關山葵硼含量之資料可資比較，惟與同屬十字花科植物硼含量之 22～65ppm，則明顯偏低[3]。施用石灰增加植株鈣含量之程度不高，僅由0.57％(對照區)增加至0.68％(2ton/ha 處理區)及0.75％(4ton/ha處理區)(秋植區，兩品系平均)，春植區亦僅由0.54％(對照區)增加至0.58%(2ton/ha處理區)及0.62%(4ton/ha處理區)(春植區，兩品系平均)，而收穫時施石灰區土壤之pH值及置換性鈣含量施石灰區仍均顯著高於對照區(表10)，植株鈣及硼含量未能有效增加之原因，尙待繼續加以探討。

表 6. 不同處理山葵之產量與農藝性狀(台農 1 號，秋植區種植後 21 個月收穫)

Table 6. Comparison of different treatments on the yield and agronomic characteristic of wasabi (TN1, fall crop, harvesting at 21 months after planting)

Treatment	Plant ht. cm	Tiller number no./plant	Whole plant fresh wt. ton/ha	Rhizome fresh wt. ton/ha	Rhizome /plant %
$C_{a0}B_0{}^y$	38.1a[z]	6.9a	20.9b	1.81b	8.7a
$C_{a0}B_{20}$	37.7a	7.4a	27.0b	2.20b	8.1a
$C_{a0}B_{40}$	37.6a	7.8a	29.9b	2.47b	8.3a
$C_{a2}B_0$	40.4a	9.6a	41.0a	3.49a	8.5a
$C_{a2}B_{20}$	39.7a	9.7a	46.1a	3.77a	8.2a
$C_{a2}B_{40}$	39.6a	10.9a	44.9a	3.84a	8.6a
$C_{a4}B_0$	41.4a	9.7a	46.0a	3.71a	8.1a
$C_{a4}B_{20}$	39.7a	12.2a	43.9a	3.85a	8.8a
$C_{a4}B_{40}$	41.2a	10.5a	48.1a	3.91a	8.1a

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

[y] see Table 2.

表 7. 不同處理山葵之產量與農藝性狀(70-1-1 品系，秋植區，種後 21 個月收穫)

Table 7. Comparison of different treatments on the yield and agronomic characteristic of wasabi (70-1-1, fall crop, harvesting at 21 months after planting)

Treatment	Plant ht. cm	Tiller number no./plant	Whole plant fresh wt. ton/ha	Rhizome fresh wt. ton/ha	Rhizome /plant %
$C_{a0}B_0{}^y$	28.0a[z]	2.5b	18.9c	2.23b	11.8a
$C_{a0}B_{20}$	29.7a	3.2b	24.8b	2.48b	10.0a
$C_{a0}B_{40}$	29.0a	3.3b	28.9b	2.83b	9.8a
$C_{a2}B_0$	30.4a	5.7a	32.4a	3.35a	10.3a
$C_{a2}B_{20}$	29.9a	5.8a	34.9a	3.58a	10.3a
$C_a{}^2B_{40}$	29.8a	5.9a	33.8a	3.68a	10.9a
$C_{a4}B_0$	30.1a	5.8a	36.1a	3.58a	9.9a
$C_{a4}B^{20}$	29.9a	6.2a	39.7a	3.75a	9.4a
$C_{a4}B_{40}$	30.4a	5.9a	38.1a	3.99a	10.5a

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

[y] see Table 2.

表 8. 不同處理山葵之產量與農藝性狀(台農 1 號，春植區，種植後 25 個月收穫)

Table 8. Comparison of different treatments on the yield and agronomic characteristic of wasabi (TN1, spring crop, harvesting at 25 months after planting)

Treatment	Plant ht. cm	Tiller number no./plant	Whole plant fresh wt. ton/ha	Rhizome fresh wt. ton/ha	Rhizome /plant %
$C_{a0}B_0$[y]	27.5b[z]	8.0b	25.1c	2.06c	8.2a
$C_{a0}B_{20}$	32.8a	12.5a	34.5b	3.06b	8.9a
$C_{a0}B_{40}$	31.0a	14.3a	36.0b	3.07b	8.8a
$C_{a2}B_0$	34.0a	11.3a	30.1c	2.67b	8.9a
$C_{a2}B_{20}$	35.3a	11.5a	37.9b	3.17b	8.4a
$C_{a2}B_{40}$	38.8a	14.3a	43.1ab	3.56ab	8.3a
$C_{a4}B_0$	37.3a	12.8a	39.1b	3.38b	8.6a
$C_{a4}B_{20}$	38.3a	13.8a	42.6ab	3.79a	8.9a
$C_{a4}B_{40}$	35.0a	12.3a	44.8a	3.98a	8.9a

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

[y] see Table 2.

表 9 . 不同處理山葵之產量與農藝性狀(70-1-1 品系，春植區，種後 25 個月收穫)

Table 9 . Comparison of different treatments on the yield and agronomic characteristic of wasabi (70-1-1, spring crop, harvesting at 21 months , after planting)

Treatment	Plant ht. cm	Tiller number no./plant	Whole plant fresh wt. ton/ha	Rhizome fresh wt. ton/ha	Rhizome /plant %
$C_{a0}B_0$[y]	17.3b[z]	3.4b	16.9c	2.10b	12.4a
$C_{a0}B_{20}$	27.0a	3.6b	19.5bc	2.24b	11.5a
$C_{a0}B_{40}$	25.5a	4.1ab	23.9b	2.59ab	10.8a
$C_{a2}B_0$	18.9ab	3.5b	20.8b	2.29b	11.0a
$C_{a2}B_{20}$	24.5a	3.5b	23.9b	2.63ab	11.0a
$C_{a2}B_{40}$	25.5a	4.5ab	25.8a	2.81a	10.9a
$C_{a4}B_0$	23.5a	5.1a	21.9b	2.54ab	11.6a
$C_{a4}B_{20}$	26.3a	5.8a	31.1a	3.61a	11.6a
$C_{a4}B_{40}$	24.0a	5.0a	28.9a	2.99a	10.3a

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

[y] see Table 2.

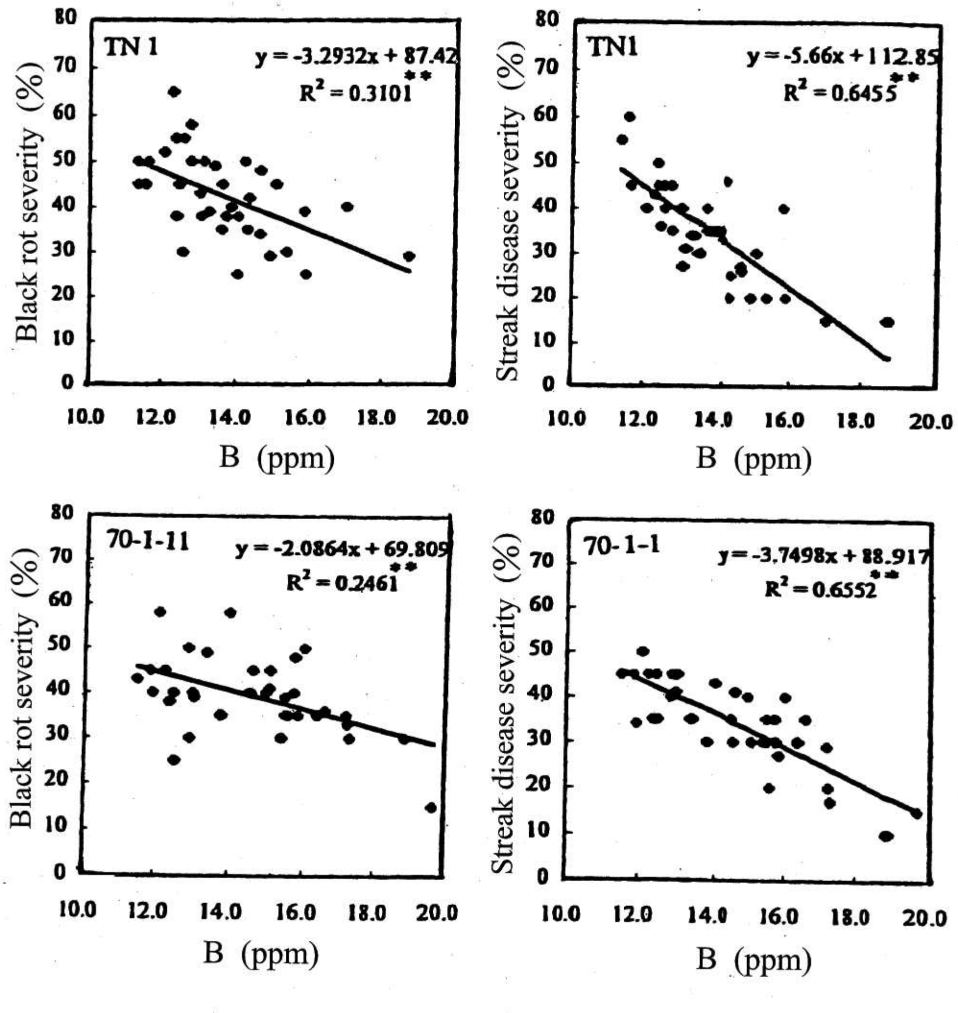


圖 8. 山葵根莖鈣含量與根莖黑心症嚴重度及條斑嚴重度之相關(秋植區)。

Fig. 8. Relationship between calcium content in rhizome and rhizome black rot severity or streak disease severity of wasabi (fall crop).

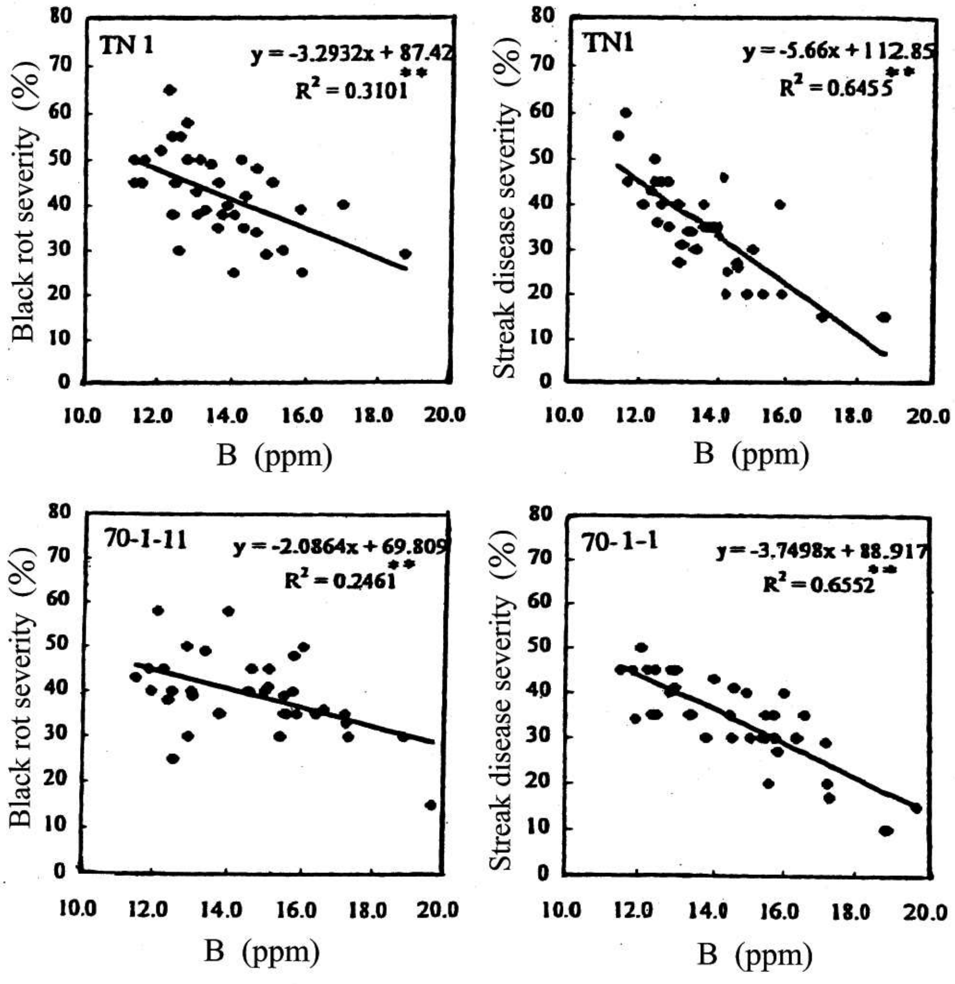


圖 9. 山葵根莖硼含量與根莖黑心症嚴重度及條斑嚴重度之相關(秋植區)。

Fig. 9. Relationship between boron content in rhizome and rhizome black rot severity or streak disease severity of wasabi (fall crop) .

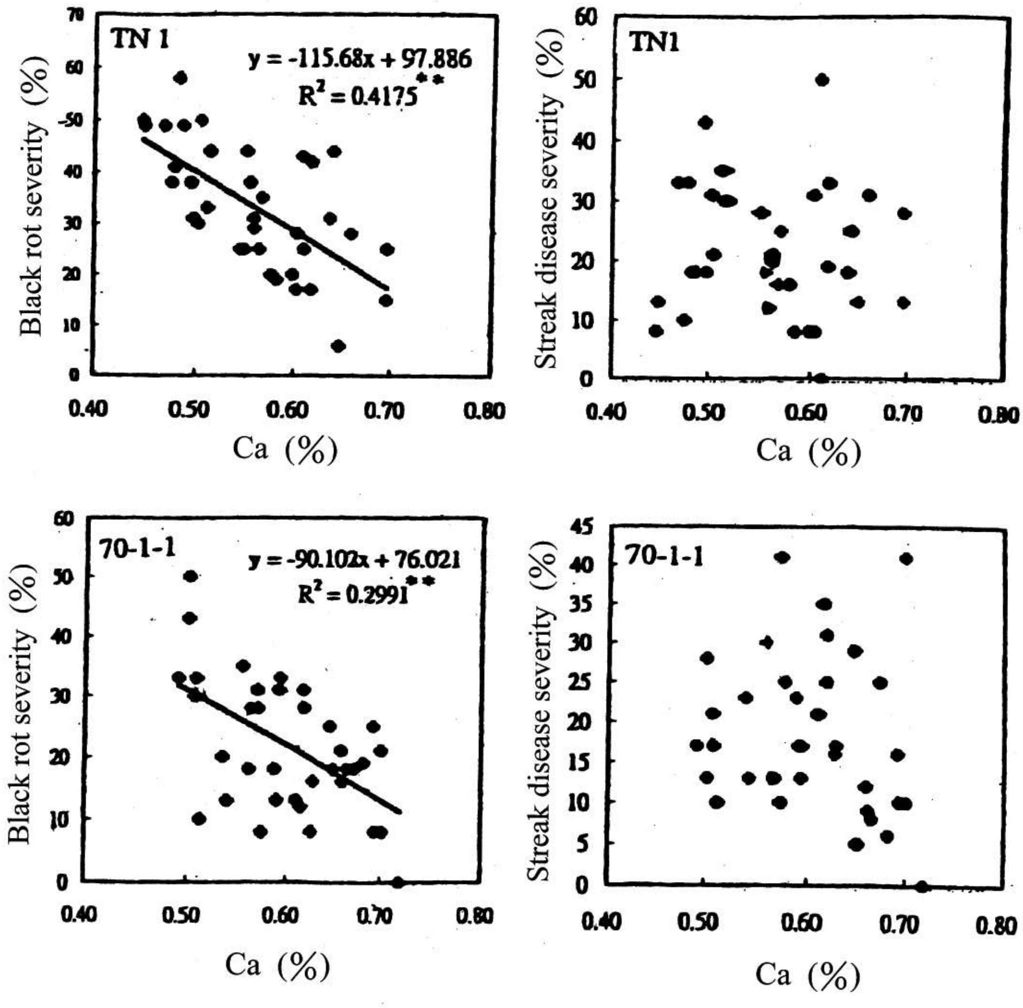


圖 10. 山葵根莖鈣含量與根莖黑心症嚴重度及條斑嚴重度之相關(春植區)。

Fig. 10. Relationship between calcium content in rhizome and rhizome black rot severity or streak disease severity of wasabi (spring crop).

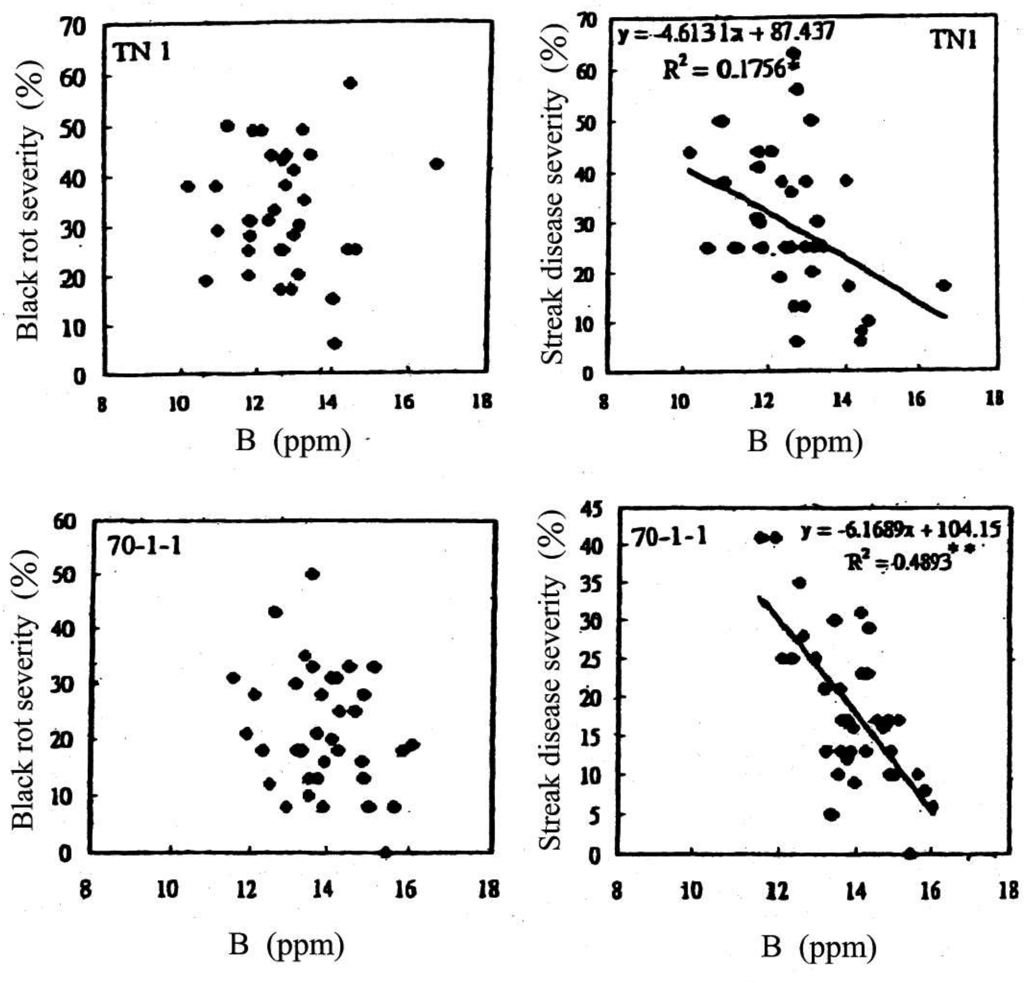


圖 11. 山葵根莖硼含量與根莖黑心症嚴重度及條斑嚴重度之相關(春植區)。

Fig. 11. Relationship between boron content in rhizome and rhizome black rot severity or streak disease severity of wasabi (spring crop) .

表 10. 收穫時土壤 pH 值與置換性鈣含量

Table 10. Soil pH value and exchangeable calcium content of experimental plot at plant harvest

	Fall crop				Spring crop			
	Surface soil(0-15cm)		Subsoil(15-30cm)		Surface soil(0-15cm)		Subsoil(15-30cm)	
Treatment	pH(1:1)	exch.Ca cmol/kg	pH(1:1)	exch.Ca cmol/kg	pH(1:1)	exch.Ca cmol/kg	pH(1:1)	Exch.Ca cmol/kg
$C_{a0}B_{0}$[y]	4.45b[z]	2.57b	4.24b	2.27b	4.63b	2.74b	4.36b	2.49b
$C_{a0}B_{20}$	4.40b	2.69b	4.36b	2.05b	4.91ab	2.59b	4.39b	2.24b
$C_{a0}B_{40}$	4.40b	2.44b	4.20b	2.10b	4.65b	2.69b	4.40b	2.00b
$C_{a2}B_{0}$	4.84b	5.84a	4.40ab	2.57ab	5.07ab	5.94a	4.54ab	3.01ab
$C_{a2}B_{20}$	4.86b	6.19a	4.51a	2.79ab	5.25ab	6.49a	4.59a	3.09ab
$C_{a2}B_{40}$	4.98ab	5.86a	4.69a	3.64a	4.91ab	5.59a	4.53ab	3.39a
$C_{a4}B_{0}$	5.40a	11.15a	4.90a	3.87a	5.51a	10.95a	4.80a	4.19a
$C_{a4}B_{20}$	5.31a	8.23a	5.01a	4.24a	5.34a	10.40a	4.50a	4.94a
$C_{a4}B_{40}$	5.45a	10.40a	4.95a	3.67a	5.42a	10.58a	4.59a	4.54a

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

[y] see Table 2.

㈣生育期間植株鮮重及根莖鮮重之變化

圖 12 秋植區山葵生育期間全株及根莖鮮重變動之情形，在冬季及春季植株及根莖鮮重有明顯增加之趨勢，顯示植株有明顯生長，而在夏季之期間植株鮮重則明顯降低，尤其是台農 1 號最爲明顯。春植區植株鮮重變動之情形與秋植區相同在夏季明顯減少(圖 13)此情形與著者以往之研究結果相似[4]，圖中亦顯示台農 1 號較 70-1-1 品系不耐夏季之環境，植株鮮重減少之幅度較大。連氏及李氏[13]指出高海拔國有林班地(海拔 2000m 左右)氣溫較低，山葵在冬季時生長停止，春季三月時則莖葉快速生長，同時伴隨著根莖肥大，至六月爲生長最茂盛期，七至九月時，因爲溫度昇高，氣候炎熱，不適於山葵生長，莖葉停滯不生長。而本試驗地點達邦地區原住民保留地之海拔僅 1270m，溫度較高海拔之國有林班地高，故夏季時造成植株生長停止，甚而使部份葉片乾枯及脫落，重量顯著減輕。而冬季時因溫度不致於過低，故植株仍能生長，春季時則如同林班地栽培之山葵一樣，莖葉快速而茂盛的生長，著者於 1991 年在試驗地旁之另一試區(海拔 1300m)所實測得之溫度資料(圖 14 及圖 15)，顯示該地區在四、五、六、七及八月之月平均最高溫均接近 25°c(圖 14)，且每月之日最高溫平均超過 25°c 之日數達 14 天(四及五月)、18 天(六月)、17 天(七月)(圖 15)，而足立式[17]指出山葵之最適溫度爲 8～18°c，溫度超過 25°c 則明顯不利於植株生長，本試驗在夏季時亦觀察到植株呈萎凋狀，葉片有明顯乾枯及脫落之現象。故達邦地區原住民保留地因夏季溫度偏高，實不利於山葵生長。

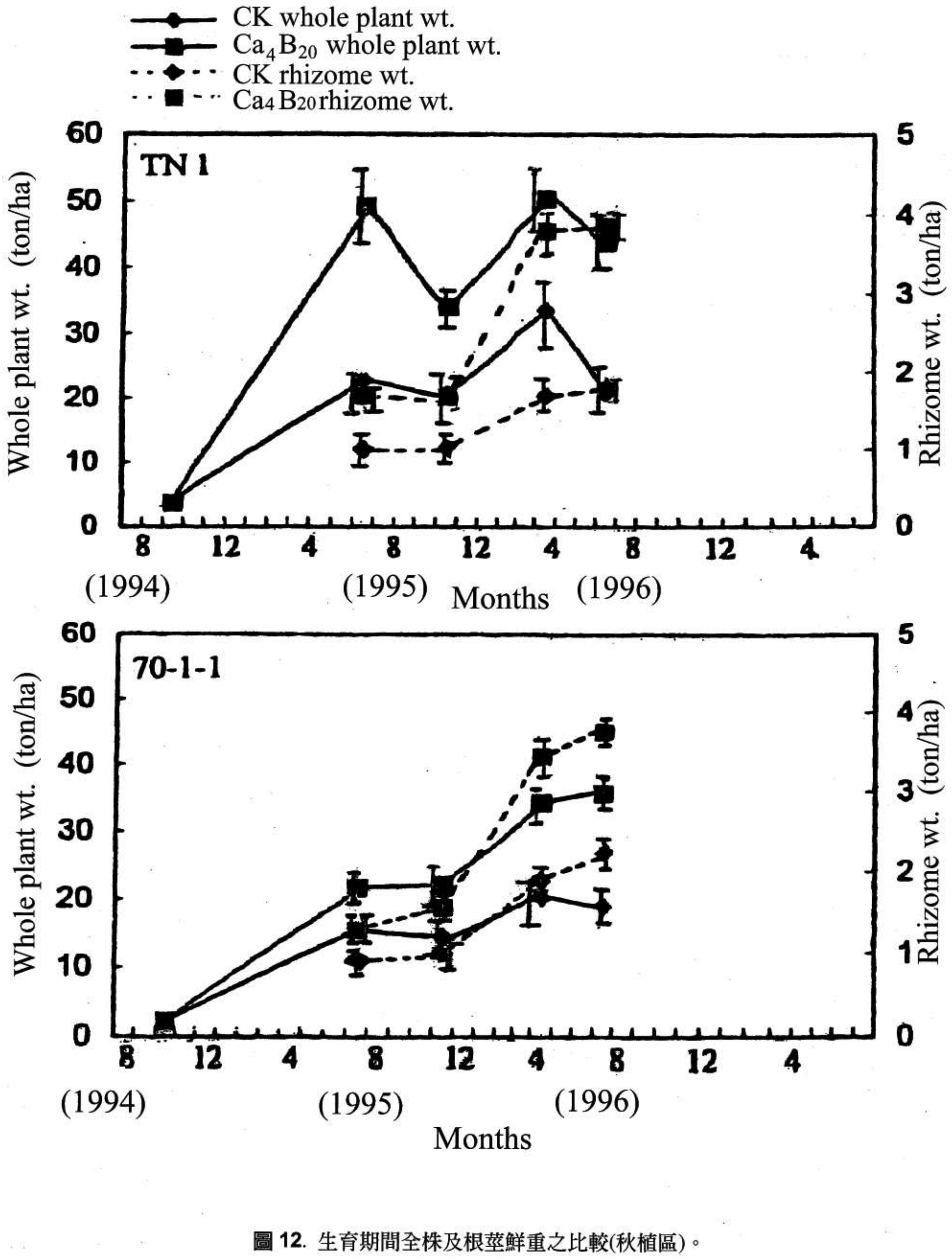


圖 12. 生育期間全株及根莖鮮重之比較(秋植區)。

Fig. 12. Comparison of whole plant and rhizome fresh weight at different growth periods of wasabi (fall crop) .

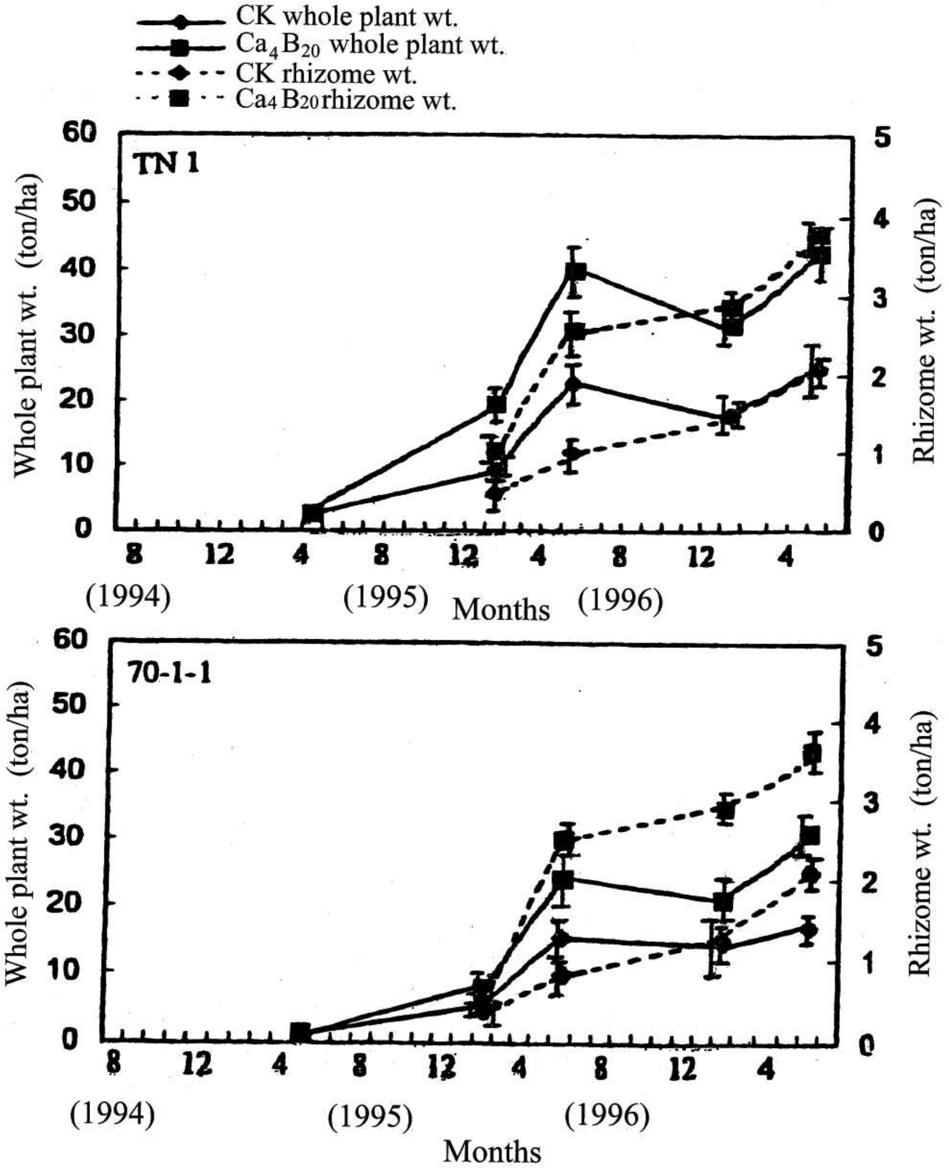


圖 13. 生育期間全株及根莖鮮重之比較(春植區)。

Fig. 13. Comparison of whole plant and rhizome fresh weight at different growth periods of wasabi (spring crop).

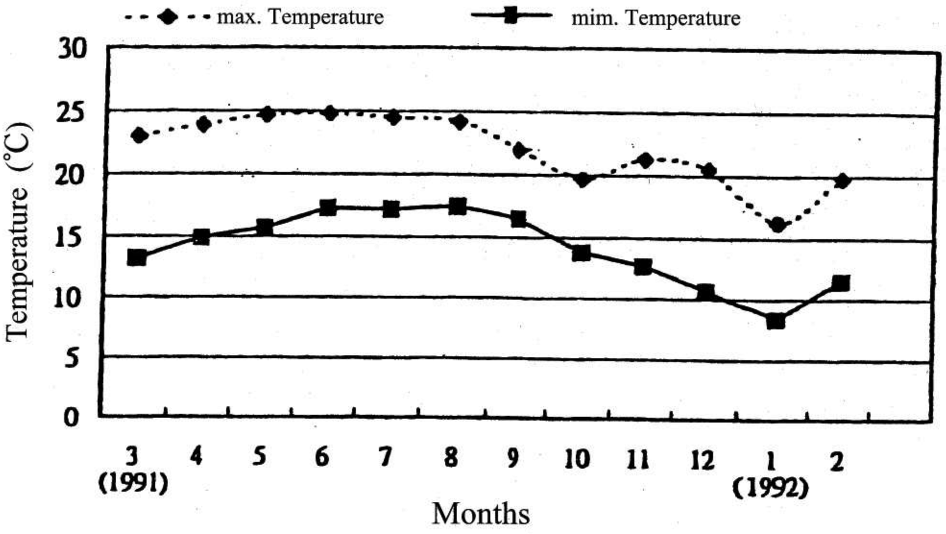


圖 14. 最高溫及最低溫之變化圖(達邦，1991)。

Fig. 14. The fluctuation of maximum and minimun temperature (Tapang, 1991).

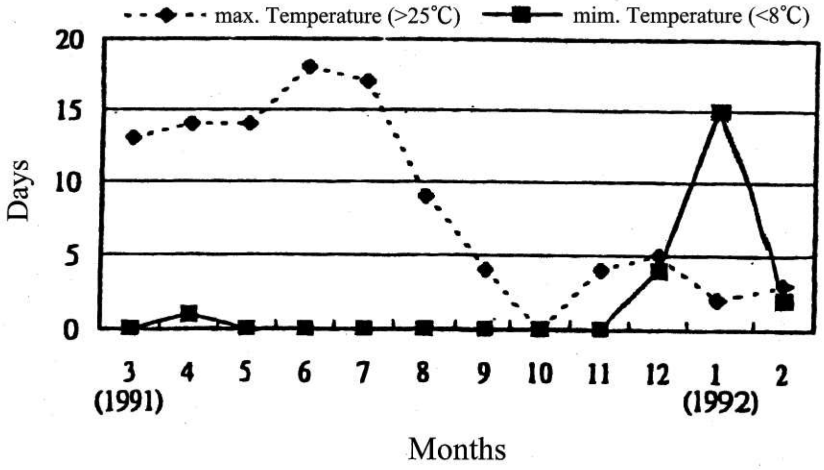


圖 15. 日最高溫高於 25°C 及最低溫低於 8°C 之日數之變化圖(達邦，1991)。

Fig. 15. The fluctuation of the days which maximum temperature higher than 25°C or minimum temperature lower than 8°C (Tapang, 1991).

二、生長箱盆栽試驗

表 11 爲在生長箱內以殺菌土(取自田間試區之表土)栽培山葵組織培養苗 3 個月時植株之產量及農藝性狀資料，顯示施石灰 2 或 4 g/kg 均可增加分蘖株數目及植株之鮮重及乾重，兩處理之間差異不大，施用硼砂 20、40 mg/kg 處理與對照區無明顯差異。種植後 9 個月時植體之資料顯示施用石灰顯著增加植株及根莖重量及鈣含量，施硼亦顯著增加根莖硼含量(表 12)。表中施石灰 4g/kg 處理之根莖之鈣含量達 1.30 %左右，已達日本山葵根莖 1.0～1.6%[17]之水準，遠高於田間試區 4ton/ha 處理之 0.75%(秋植區)及 0.62%（春植區），施硼砂 20、40mg/kg 處理植株根莖硼含量達 34～40ppm，亦顯著高於田間試區之 11～20ppm(秋植區)及 10～17ppm(春植區)，由於生長箱控制之溫度爲日溫 22℃、夜溫 18°C，保持高濕度且盆栽土壤保持潮濕適宜山葵生長之條件，顯示在生長環境條件良好時台農 1 號及 70-1-1 品系之鈣、硼含量均可達相當水準，表 13 中種植後 12 個月後土壤之 pH 值及置換性鈣含量相似於田間試驗，施石灰均明顯提昇 pH 值及置換性鈣含量，雖施 4g/kg 處理之土壤 pH 仍屬強酸性，惟根莖鈣含量已達 1.25 %(兩品種平均)，顯著高於田間試區根莖鈣含量，顯示田間試區受氣候及土壤環境因子之影響，並不很適宜山葵生長，因而植體鈣、硼含量有偏低的現象。圖 16 爲種植後 12 個月植株及根莖鮮重之資料，顯示施石灰及硼砂均有助於山葵生育，植株及根莖鮮重均增加，有或無加菌液(種植後 9 個月加入)處理情形相似，加菌液處理則使植株及根莖鮮重略爲下降。

表 11. 各處理山葵之產量及農藝性狀 (生長箱內種植後 3 個月採樣)

Table 11. Yields and agronomic characteristics of wasabi from different fertilizer treatments (sampling 3 months after planting in growth chamber)

Treatment	TN1				70-1-1			
	plant ht. cm	Tiller number no./plant	plant fresh wt. g	plant dry wt. g	plant ht. cm	Tiller number no./plant	plant fresh wt. g	plant dry wt. g
$C_{a0}B_0$[y]	14.3c[z]	1.0c	10.1c	1.11b	11.5b	3.5b	11.9c	1.35d
B_{20}	19.5a	1.0c	11.5c	1.63b	12.8b	3.5b	11.7c	1.03d
B_{40}	19.3a	1.0c	13.0c	1.45b	12.8ab	3.5b	11.3c	1.14d
Men	17.7	1.0	11.5	1.40	12.4	3.5	11.6	1.17
$C_{a2}B_0$	17.8b	1.5b	18.6b	3.62a	15.0a	6.0a	19.9ab	2.93b
B_{20}	19.3a	3.0ab	30.6a	3.72a	13.8a	5.0a	21.5ab	2.58bc
B_{40}	19.3a	2.0b	25.7ab	3.91a	14.5a	5.0a	19.2b	2.47c
Men	18.8	2.2	25.0	3.75	14.4	5.3	20.2	2.66
$C_{a4}B_0$	18.8ab	3.5a	27.3a	3.68a	15.5a	6.5a	22.4a	3.45a
B_{20}	18.8ab	2.0b	23.9ab	3.28a	16.3a	6.5a	29.2a	4.45a
B_{40}	19.8a	2.0b	23.4ab	3.10a	15.0a	4.5ab	26.8a	3.28ab
Men	19.1	2.5	24.9	3.35	15.6	5.8	26.1	3.73

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

[y] C_{a0}、C_{a2}、C_{a4}=CaC $O_3$0、2、4 g / kg；B_0、B_{20}、B_{40} =borax 0、20、40mg / kg.

表 12. 不同處理山葵之產量及鈣、硼含量(生長箱內種植後 9 個月採樣)

Table 12. Comparison of different treatments on the yield and calcium,boron contents of wasabi (sampling at 9 months after planting in growth chamber)

Treatment	TN1				70-1-1			
	Whole plant fresh wt. g/plant	Rhizome fresh wt. g/plant	Rhizome Ca %	Rhizome B ppm	Whole plant fresh wt. g/plan	Rhizome fresh wt. g/plan	Rhizome Ca %	Rhizome B ppm
$C_{a0}B_0$[y]	46b[z]	2.3b	0.66c	23.0b	30c	2.0b	0.68c	21.9b
B_{20}	56b	3.1b	0.63c	35.9a	43b	2.7b	0.63c	39.6a
B_{40}	55b	3.2b	0.60c	37.0a	38b	2.5b	0.66c	37.8a
$C_{a2}B_0$	88a	4.8a	0.96b	21.4b	47a	4.0a	1.02ab	22.0b
B_{20}	105a	5.3a	1.01ab	36.0a	46a	4.5a	0.99b	36.8a
B_{40}	109a	5.4a	0.95b	34.1a	47a	4.2a	1.05ab	37.2a
$C_{a4}B_0$	70a	5.1a	1.23a	20.9b	56a	3.9a	1.30a	20.1b
B_{20}	102a	5.3a	1.30a	34.3a	63a	4.4a	1.19ab	37.6a
B_{40}	106a	5.0a	1.27a	35.5a	56a	4.2a	1.26a	38.1a

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

[y] see Table 11.

表 13. 土壤 pH 值與置換性鈣含量及根莖鈣含量(生長箱內種植後 12 個月採樣)

Table 13. Soil pH value and exchangeable calcium content of pot experimental soil and calcium content in rhizome (sanpling at 12 months after planting in growth chamber)

Treament	TN1			70-1-1		
	pH(1:1)	exch.Ca cmol/kg	Rhizome Ca %	pH(1:1)	exch.Ca cmol/kg	Rhizome Ca %
$C_{a0}B_0$[y]	4.16c[z]	3.48c	0.64c	4.31b	3.25c	0.67c
$C_{a0}B_{20}$	4.20c	3.43c	0.66c	4.23b	3.45c	0.71c
$C_{a0}B_{40}$	4.24c	3.30c	0.61c	4.09b	3.28c	0.69c
$C_{a2}B_0$	4.68b	6.15b	0.99b	5.25a	6.98b	1.05b
$C_{a2}B_{20}$	4.84b	5.65b	0.96b	5.01a	5.73b	1.02b
$C_{a2}B_{40}$	5.06ab	5.83b	1.01b	5.03a	5.70b	0.99b
$C_{a4}B_0$	5.54a	9.23a	1.20ab	5.45a	8.98a	1.18ab
$C_{a4}B_{20}$	5.43a	9.05a	1.25a	5.32a	9.08a	1.31a
C_a4B_{40}	5.52a	9.13a	1.23a	5.41a	9.10a	1.24a

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

[y] see Table 11.

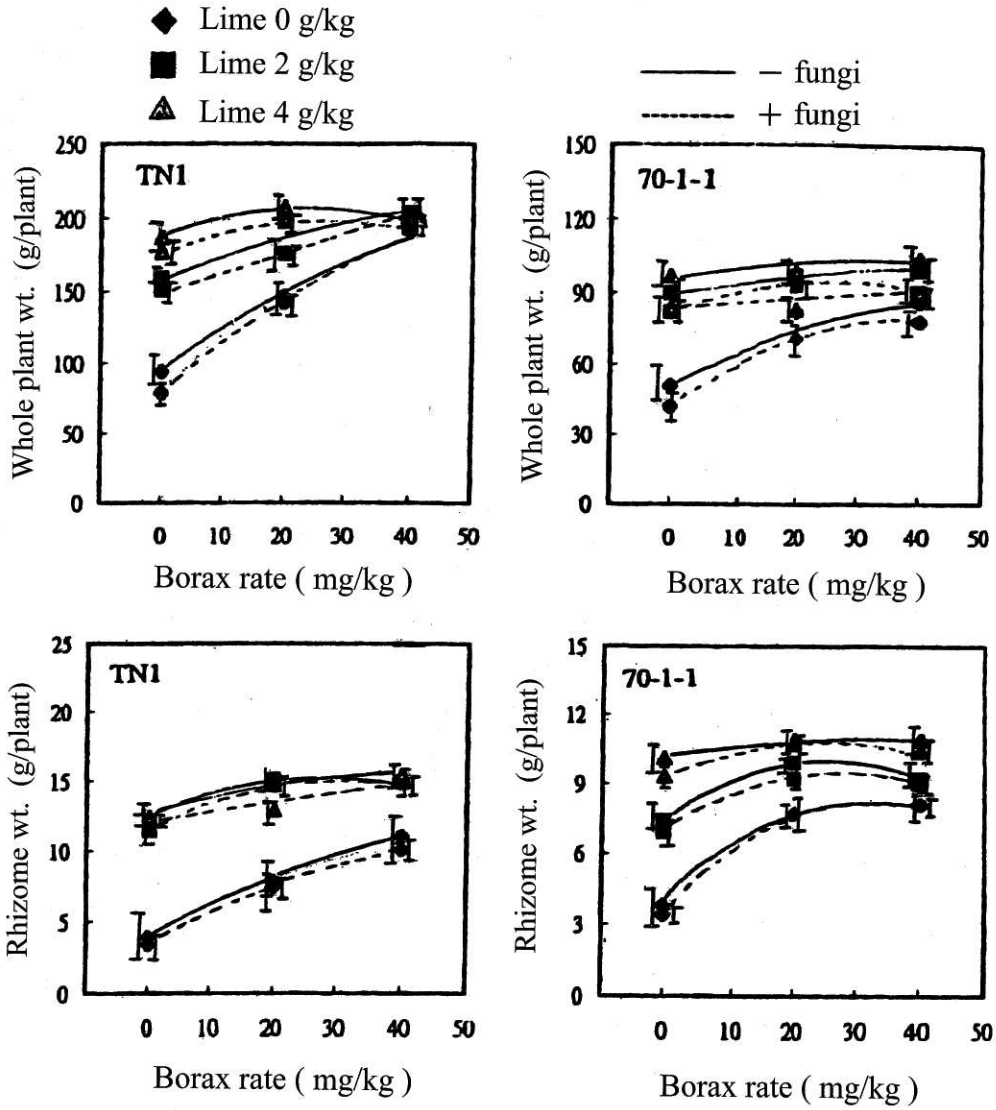


圖 16. 施用石灰、硼砂及眞菌(*Phoma wasabia* Yokogi)菌液對植株及根莖之影響(生長箱內種植後 12 個月採樣)。

Fig. 16. Effect of lime, borox and fungi (*Phoma wasabia* Yokogi) applications on the whole plant and the rhizome fresh weight of wasabi(sampling at 12 months after planting in growth chamber).

誌 謝

本研究承行政院農業委員會經費贊助，謹此申謝。

引用文獻

1.土壤分析手冊第二版。1995。中華土壤肥料學會編印。臺灣，台中。489pp。

2.王貴美、羅朝村、杜金池、蔡武雄。1992。溫度與濕度對黑心病發生之影響。植物病理會刊 1：96-103。

3.王銀波。1985。植物營養學，23-53 頁。國立中興大學出版。臺灣，台中。

4.王鐘和、王貴美、胡敏夫。1996 隧道式設施及施用苦土石灰和稻穀對山葵產量與品質之影響。中華農業研究 45(1): 57-68。

5.何聖賓、洪崑煌。1991。台灣主要耕地土壤熱水可溶硼素的研究(一)分析方法的檢討。中華農業化學會誌 29(2)：135-144。

6.邱年永。1973。藥用植物栽培法。94-97 頁。大學圖書出版社。臺灣，台北。

7.胡敏夫、邱善美、羅朝村、劉新裕、杜金池。1991。山葵台農 1 號之育成。中華農業研究 40(1)：13-27。

8.張淑賢、何聖賓。1995。土壤分析手冊－硫、硼、鉬、氯，18-1～18-3 頁。中華土壤肥料學會主編。臺灣，台中。

9.連 深。1981。作物需肥診斷技術－作物營養障礙徵狀，60-65 頁。台灣省農業試驗所編印。臺灣，台中。

10.連 深、王鐘和、黃維廷。1992。石灰資材之品質及評估，8-1～8-12 頁。酸性土壤之特性及其改良研討會論文集。中華土壤肥料學會編印。臺灣，台中。

11.連 深、王鐘和。1994。酸性土壤之管理。農藥世界 125:22-25。

12.連 深。1994。酸性土壤落花生之營養障礙及其改進，165-177 頁。台灣東部問題土壤改良研討會論文集。中華土壤肥料學會與台灣省花蓮區農業改良場共同編印。臺灣，台中。

13.連錦漳、李國忠。1990。台灣山葵產銷之分析。台灣農業 26(4)：7-12。

14.廖敏卿。1973。訪阿里山陳嶧焜談山葵栽培經驗。豐年叢書。191-195 頁。豐年社。

15.羅朝村、王貴美、杜金池、蔡武雄。1990。山葵黑心病發生之研究。植保會刊 32：345。

16.多久田連雄、広沢敬之。1975。ワサビ 墨入病菌の病斑上における柄子發形成 につしてつ 。近畿中國農研 50:53-57 。

17.足立昭三。1987。ワサビ栽培。pp.13-165。秀潤社。

18.鈴木春夫。1976。ワサビ 主要病害 の 生態と 防除。植物防疫 30(9):348。

19.鈴木春夫。1982。ワサビ の病害。pp.451-459。野菜の病虫害診斷と防除。岸國平編。全國農林教育學會出版。東京。

20.Masao,G., and M. Kunihiko. 1986. Causal agents associated with internal black rot syndrome of Japanese horse radish(*Entrema wasabi* Maxim). Ann. Phytopath. Soc. Japan 52:59-68.

21.Mengel, K., and E.A. Kirkby. 1982. Principles of Plant Nutrition. pp.437-540. International Potassh Inst., Wordlaufen-Berny, Switzerland.

22.Reisenauer, H.M., L.M. Walsh, and R.G. Hoeft. 1973. Testing soils from sulfer, boron, molybdenauem and chlorine. pp.173-200. In : Walsh, L. M., and J.D. Beaton, eds. Soil Testing and Plant Analysiis . Soil Sci. Amer. Inc., Madison, Wisconsin.

Effect of Lime and Borax Applications on the Yield and Quality of Wasabi *Wasabia japonica*(Matsum)[1]

Chong-Ho Wang[2], Min-Fu Hu[3], Chao-Tsun Lo[4] ,
Yu-Wen Lin[2] , Wei-Tin Huang[2] and Lee-Rong Chiu[2]

Summary

The purpose of this study was to investigate the effects of lime and borax applications on the quality and yield of wasabi (*Wasabia japonica* Matsum). The RCBD with 4 replications was designed including 2 factors each with 3 levels and 9 treatments combinations in total, namely：lime (0,2 and 4 ton/ha),borax(0,20 and 40 kg/ha).Some of the results were summarized as follows：Lime applied 2 or 4 ton/ha raised the soil pH significantly , and also increased the fresh weight of whole plant and rhizome ,but no significant difference was observed between the two liming treatments. Lime and borax applications reduced the severity of rhizome black rot of wasabi , however , the severity of rhizome streak disease was only lessened by borax application. The fresh weight of whole plant decreased significantly in summer season, especially for TN1,it was induced by high temperature, because of the relatively low altitude (1270m) of Tapang area. There was a negative relation between the calcum content in rhizome and the severity of rhizome black rot, and the boron content of rhizome also had a negative relation with the severity of rhizome black rot in fall crop ,while the severity of rhizome streak disease had a significant negative relation with the rhizome boron content. The calcium and boron contents in the rhizome of wasabi in the field experiment were lower than the plant which were cultivated in growth chamber .It is suggested that some unbeneficial factor of calcium and boron uptake existed in the fields. The fresh weight of whole plant and fresh weight of rhizome of wasabi cultivated in growth chamber increased significantly by lime and borax applications.

Key words： *Wasabia japonica* Matsum, Lime, Borax, Wasabi black rot symptom, Wasabi streak disease.

---

1. Contribution No. 1978 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Associate Soil Scientist, Assistant, Assistant and Project Assistant, Department of Agricultural Chemistry, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Agronomist, Department of Agronomy ,TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Associate plant Pathologist, Department of plant Pathology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）48(2)：128～134（1999）

香水百合鱗片之農藥及肥料處理對於叢枝菌根菌接種之影響 [1]

吳繼光 [2] 林素禎 [2] 林妙玲 [2] 吳國典 [3] 陳文輝 [3]

摘要: 本文首次報導叢枝內生菌根菌在香水百合鱗片打破休眠期間，可以在施用殺蟲劑及殺菌劑的情況下，順利進入小芽球的幼根內生長；並且在不添加肥料的情形下具有促進芽球生長的效果。肥料的添加會影響菌根菌的接種效應。有關菌根菌在感染小芽球的幼根後，根內菌絲的生長，以及皮層細胞內含物的變化，亦在本文中討論。

關鍵詞：百合、農藥、肥料、菌根菌。

前　言

近年來我國為因應加入 WTO 後所產生的衝擊，在整個農業的生產方向已逐漸走向精緻農業。具有高經濟價值的花卉產業正是許多農友們努力從事的目標。單就球根花卉而言，我國在民國 82 年的生產面積已達 1304 公頃(2)，產值達 14 億餘元。而民國 86 年臺灣地區的百合種植面積已達 315 公頃，產值亦達 8.4 億元(1)。生產球根花卉所需的種球幾乎全仰賴進口，其中百合的進口金額更居總球根量之七成(4)。除鐵砲百合有少數本省自有原生品系在臺灣繁殖種球外，絕大多數栽培用種球均由荷蘭進口。估計我國目前每年由荷蘭進口之種球達 2000 萬球以上(1)。

為促進產業升級，落實品種本土化，球根花卉品種的開發與種球生產技術為目前政府推行生物技術產業重點項目之一。目前業界以人工方式自開花球剝取鱗片後。透過 25-17-5°C 的降溫流程進行打破休眠，以便在鱗片上長出周徑約一公分的小芽球。但在鱗片剝取後，為了防止鱗片的傷口受到雜菌的污染，以及為了防範儲存期間的腐敗與昆蟲的入侵，因此需將這些鱗片浸以化學藥劑。這些藥劑包括撲克拉(prochloraz)、貝芬替(carbendazim)、依得利(terrazole)、佈飛松(profenofos)等。浸完藥劑晾乾後的鱗片約 2000 片，集體混合蛭石後，以塑膠紙包裝置於長寬高各為 60x40x24 cm 的塑膠箱並放置於冷藏庫中, 以 25-17-5°C 降溫流程共七個月打破休眠。打破休眠後的鱗片上長有 1 至數顆的小芽球與新根。由於眾多的鱗片及新根糾纏在一起，因此需再以人為方式將新根糾纏的鱗片分開。這種動作極易造成小芽球的脫落與新根的撕斷受傷。

為了節省人工, 以及避免因分開糾纏的鱗片而造成小芽球的脫落與新根的撕斷受傷，將人工剝取的單一鱗片單獨包裝於小封口袋中應可避免上述人力的浪費與根部的傷害。同時為了測試叢枝內生菌根菌在上述條件下接種是否可促進種球的生長以及在上述農藥的使用下是否會影響叢枝內生菌根菌的感染, 特別設立本試驗，並將試驗結果討論記錄於后。

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1979 號。
2. 本所農化系副研究員、助理研究員、計畫助理。
3. 臺灣糖業研究所園藝系研究員、系主任。

材料與方法

一、 **供試材料與品種**：東方型香水百合 (*Lilium oriental* hybrid Casa Blanca)。材料由開花球(周徑 18~20 cm)所剝下的鱗片。每一鱗片裝於一小塑膠袋中, 內含菌根菌及介質(介質含量爲 200ml/包)。

二、**供試菌種**：*Glomus intraradices* (SM-113; 簡稱 LITR), *Entrophosproa kentinensis* (SM-278; 簡稱 EKTN)。供試菌種所適用的土壤主要涵蓋 pH6~8 的土壤。接種濃度爲每毫升介質含 1 個孢子。接種方法爲菌土與栽培介質混合均勻後將鱗片植入。

三、**栽培介質**：蛭石(4 號) : 水 = 5 : 1 v/v，其中加入粗粒魔肥 2 顆 / 200ml（磷含量約 37.4mg / 200ml）爲實驗組，並加入菌土，使孢子濃度約爲 1 spore / ml。以不加肥者及不加菌者爲對照組。

四、**試驗設計**：處理包括接菌根菌試驗(CK，LITR ，EKTN)，介質加肥料(+/-)，農藥試驗(鱗片不浸泡農藥+鱗片浸泡農藥)共有 12 個處理。這些藥劑包括撲克拉、貝芬替、依得利、佈飛松等。各農藥所使用之劑量均依各推薦量添加。每一處理含有 50 鱗片。每一處理各 3 重複。每單一鱗片含介質包裝於單一小塑膠袋後, 經過 25°C 3 個月, 17°C 1 個月, 5°C 3 個月的降溫流程以打破休眠，待 12 月上旬田間播種。其間處理後 135 天每一處理選取一籃(50 袋)量取鱗球直徑。就小芽球球徑大小、菌根的感染率[12]等進行調查。

本試驗擬驗證之因子包括上述之農藥是否會影響菌根菌與百合形成菌根? 鱗片單獨包裝後, 若菌根菌可順利感染, 芽球的生長是否會受影響?

結果與討論

本試驗結果顯示，在所有添加肥料於介質的處理中(表 1)，以接種菌根菌 SM-113 (*G. intraradices*)者在根內的感染情形良好。但是另一接種菌根菌 SM-278 (*E. kentinensis*)者在添加肥料的情形下，根部

表 1. 香水百合鱗片之農藥及肥料處理對於叢枝菌根菌接種之影響

Table 1. Influence of biocides and fertilizers on the colonization and bulblets growth of Lily (Casa Blanca)

Treatments		Bulblet perimeter（mm）	Colonization（%）
None-biocides None-fertilizers	CK[z]	11.94[aby]	0[c]
	113	11.85[ab]	6[bc]
	278	11.44[ab]	3[c]
None-biocides Fertilizers	CK	11.95[ab]	0[c]
	113	11.56[ab]	4[c]
	278	11.46[b]	0[c]
Biocides None-fertilizers	CK	7.17[c]	2[c]
	113	12.78[a]	14[b]
	278	12.51[ab]	4[c]
Biocides Fertilizers	CK	11.98[ab]	0[c]
	113	11.78[ab]	25[a]
	278	12.20[ab]	0[c]

[z] CK: Control, 113: *Glomus intraradices*, 278: *Entrophospora kentinensis*.

[y] Means followed by the same letter within the same column are not significantly different at 5% level by LSD test.

的感染率為零。似乎後者的菌種對於肥份的添加較前者敏感。上述兩種的接菌組在鱗球的生長上與對照組相較，接菌組的鱗球大小並沒有顯著差異。 由此可見，在每袋介質中所添加的磷含量(約 37.4mg / 200ml)可能中和了叢枝菌根菌(*G. intraradices*)對於磷吸收的作用。至於在不施用化學藥劑的處理下，鱗球的大小即使在不添加肥料的情形下，接菌組與對照組間也沒有差異。甚至接菌組的球徑會較對照組稍小。顯示接菌組在這種條件下，菌根菌的感染似乎並不能發揮作用，反而造成鱗球的負擔。而在不使用殺菌劑及殺蟲劑的處理下，百合鱗片上的微生物可能有助於幼根對於養份的吸收。若比較化學藥劑與非化學藥劑兩組的處理中，SM-113 在百合幼根內的感染情形，發現 *G. intraradices* 在有化學藥劑的處理下，無論是否添加肥料，其在百合根內的感染率較高。對 *G. intraradices* 而言，本次試驗所使用之四種混合化學藥劑似乎對該菌具有提升感染率的作用。

在接種叢枝菌根菌(SM-113 *G. intraradices*)殺菌無肥之處理下明顯在處理 135 天後，其鱗球直徑較其他組別為大(圖 1 及表 1)。目前有接種菌根菌的各組感染率仍低，其中以 SM-113 接種者感染率較高(可達 25%)。 就平均值而言，在已被感染的組別其鱗球直徑亦較大於其它他未感染之組別。施用殺菌劑及殺蟲劑於百合鱗片的消毒是目前業界使用的既定方法，因為唯有如此，才能保障鱗片在存儲過程中不至腐爛與細小昆蟲的入侵。因此在本處理下，接種菌根菌不但可促進種球的增大且又符合目前業界的處理流程，相得益彰。

圖 1. 在使用殺菌劑及不添加化學肥料的處理下，各處理間小芽球生長的情形。CK:對照組， SM-113:菌根菌(*Glomus intradices*)，SM-278: 菌根菌(*Entrophospora kentinensis*)。

Fig. 1. Bulblet production from single lily scale (*Lilium oriental* hybrid Casa Blanca) under the treatment of biocides and none-fertilizer. CK: control, SM-113: *Glomus intraradices*, SM-278: *Entrophospora kentinensis*.

圖 2. 叢枝內生菌根菌(SM-278 *Entrophospora kentinensis*)在香水百合小芽球的幼根內感染的情形。箭頭所示為菌絲進入鄰近細胞前所形成的箭頭狀分叉構造。比例尺所示長度為 20μm。

Fig. 2. Colonization of *Entrophospora kentinensis* within the roots of lily bulblet. Arrow-like branching structures (Arrow heads) formed before intraradical hyphae enter neighboring cells. Scale bar=20μm.

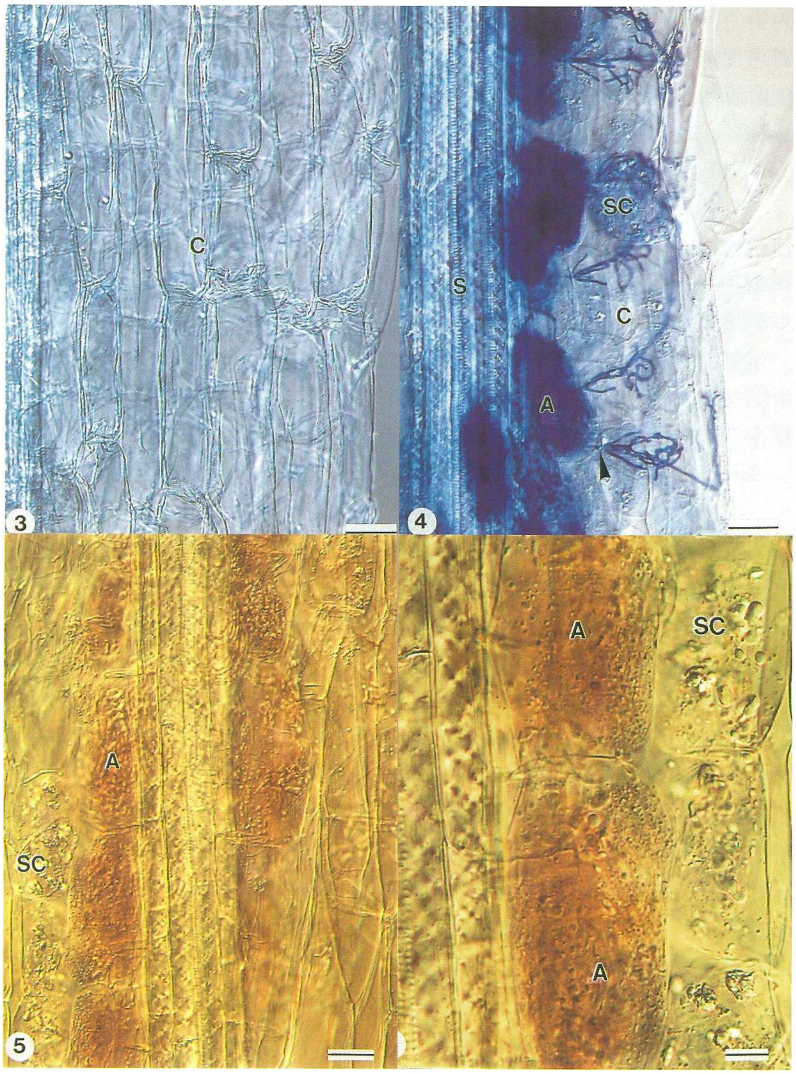


圖 3. 對照組小芽球幼根的皮層細胞(C)及中柱(S)。比例尺所示長度爲 50μm。

Fig. 3. Cortical cells (C) and stele (S) of lily roots not inoculated by VA mycorrhizal fungi. Note the absence of any intraradical infective structures and storage substance within cells. Scale bar=50μm.

圖 4. 叢枝內生菌根菌(SM-113 *Glomus intradices*)在香水百合小芽球的幼根內感染的情形。延著中柱可見充滿整個細胞的叢枝體(A)及鄰近的儲存細胞(SC)。箭頭所示爲菌絲進入鄰近細胞前所形成的箭頭狀分叉構造。比例尺所示長度爲 50μm。

Fig. 4. Colonization of *Glomus intraradices* within the roots of lily bulblets. Arbuscules (A) and storage cells (SC) could be found along the stele. Note the arrow-like branching structure (arrow head) within cor-tex (C) as infective hypha enter cells. Scale bar=50μm.

圖 5. 叢枝內生菌根菌(SM-113 *Glomus intradices*)在香水百合小芽球的幼根內感染的情形。經以碘液染色，可見中柱兩旁含叢枝體(A)的內皮層細胞被染成暗褐色；但鄰近的儲存細胞(SC)則呈中性反應。比例尺所示長度爲 50μm。

Fig. 5. Colonization of *Glomus intraradices* within the roots of lily bulblets. The arbuscular cells (A) could be stained dark brown by Melzer's reagent (iodine). However, storage cells (SC) respond neutrally. Scale bar=50μm.

圖 6. 香水百合小芽球幼根內的叢枝體(A)與儲存細胞(SC)。經以碘液染色後，中柱兩旁含叢枝體(A)的細胞內含物被染成暗褐色；但鄰近的儲存細胞(SC)其內含物則呈中性反應。比例尺所示長度爲 20μm。

Fig. 6. Close up of arbuscular (A) and storage (SC) cells within the roots of lily bulblets. The arbuscular cells (A) could be stained dark brown by Melzer's reagent. However, storage cells (SC) respond neutrally. Scale bar=20μm.

經由根部的染色及顯微觀察發現，農藥的處理並不影響菌根菌接種至百合根部(圖 2)。這些藥劑除依得利曾被報導可促進萵苣及蘇丹草的菌根菌感染與產孢外[3,8,10]，其餘的藥劑如撲克拉、貝芬替、佈飛松等對於菌根菌接種的影響則尚未被記錄。在本次試驗中發現使用殺菌劑處理的鱗片,在未加肥料的情形下,若接種菌根菌(SM-113 or SM-278)對於種球之生長增大有顯著的差異。 在殺菌無肥料添加的對照處理中,鱗莖直徑僅 7.17mm。 若接種菌根菌,則鱗莖直徑可達 12.78mm(SM-113),或 12.51mm(SM-278)。

有關百合接種有益微生物以加速種球增大的研究報告，國內外並不多見。Ames [7]及 Vanderploeg [11]等人於溫室中將鐵砲百合(*Lilium longiflorum* Thunb.)幼苗接種囊叢枝內生菌根菌後，證實對於種球有增大的效果。本試驗結果與上述情形相似；但不同的是，本次叢枝菌根菌的接種是在百合鱗片打破休眠期間進行的。這個期間完全沒有光合作用進行，因此叢枝內生菌根菌生長所需的碳水化合物可能直接來自鱗片內所儲存的養份。由於在沒有添加肥料的情形下，接種菌根菌能促進種球的增大，因此推測菌根菌在種球生長的效應上可能扮演加速碳源流向小芽球的角色。

Ames 及 Linderman [6] 經由田間土壤調查發現，美國 Oregon 州鐵砲百合的根圈內生菌根菌種主要為 *G. fasciculatum 和 Acaulospora trappei*。 Ames 及 Linderman [7] 接種百合根圈所發現的菌根菌種並配合不同施肥量，進行對鐵砲百合幼苗的生長試驗。他們發現以幼苗期接種菌根菌為最佳時期且田間施肥量會嚴重影響菌根菌的接種效果。本次試驗的結果與Ames及Linderman [7]的發現類似。於包裝袋內接種菌根菌並添加化學肥料對於種球的增大不利，但在菌根菌的感染率上的影響似乎也不顯著(表 1)。

藉由染根的觀察，菌根菌的菌絲較常自根毛侵入根部, 然後進入皮層細胞。 在進入內皮層時，會在緊鄰細胞壁處形成較粗大之箭頭式分枝構造 (圖 2，4)。這類的感染構造在過去發表的論文中尚未被描述過[9]，有關叢枝內生菌根菌在百合根內的增生構造及情形，將另文描述。另菌絲侵入之根部，其皮層組織有許多細胞，其細胞內容物較豐富，內含油滴、針狀結晶等 (圖 4~6)。 於顯微鏡下觀察並與未接菌的對照組根部染色比較(圖 3)，這些細胞與其他細胞明顯不同，這類內含物質豐富的細胞只出現在受菌根菌感染的根段，此現象有可能是根部接種菌根菌以後，由於菌根菌隨植物根部共同增生的過程會比一般根部需要更多的養份，因此增大了此處養份積儲強度(sink strength)，從母球鱗片上轉移了更多的物質至小鱗莖及其根部，是以接種菌根菌可在此時期增大小鱗莖的大小並強健其根部。 經以碘液染色發現在叢枝體所在的細胞含有多量的澱粉, 可被染成紫褐色(圖 5，6)。 而內容物較豐富的細胞則未能染上顏色, 顯然其中所儲存之內含物應為其它物質。 其所含物質可能為蛋白質、脂肪或這些物質與醣類的衍生物, 有關本項的研究將繼續探討。

誌　　謝

本論文係國科會產學合作計畫(NSC87-TSC-B-055-001)之部份研究成果，在此特別感謝國科會與臺糖公司在經費、人力與技術上之協助。

引用文獻

1. 方金國、王國禧。1999。百合疫病之生物防治，61-70 頁。李國忠　編。產業科技發展學術合作論文集。臺灣，臺北。

2. 吳明哲、呂德仁、張治國。1996。臺灣地區球根花卉產業發展策略與輔導措施，7-9 頁。球根花卉產業研討會專輯。農林廳種苗改良繁殖場編印，臺灣，臺中。

3. 吳繼光。1997。菌根菌與農藥施用的互動關係，1-10 頁。有益微生物在農業上之應用研討會專刊。中華永續農業協會編印，臺灣，臺中。

4. 陳永寬。1996。臺灣地區球根花卉產業現況分析，24-38 頁。球根花卉產業研討會專輯。農林廳種苗改良繁殖場編印，臺灣，臺中。

5. Ames, R. N. 1977. Studies on the vesicular-arbuscular mycorrhizae of Easter lily in the Pacific Northwest. MS thesis, Oregon State University, Corvallis, Oregon, U.S.A.

6. Ames, R. N., and R. G. Linderman. 1977. Vesicular-arbuscular mycorrhizae of Easter lily in the northwest United States. Can. J. Microbiol. 23:1663-1668.

7. Ames, R. N., and R. G. Linderman. 1978. The growth of Easter lily (*Lilium longiflorum*) as influenced by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, *Fusarium oxysporum*, and fertility level. Can. J. Bot. 56:2773-2780.

8. Menge, J. A. 1982. Effect of soil fumigants and fungicides on vesicular-arbuscular fungi. Phytopathology 72:1125-1132.

9. Smith, S. E., and D. J. Read. eds. 1997. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, New York. 605 pp.

10. Trappe, J.M., R. Molina, and M. Castellano. 1984. Reactions of mycorrhizal fungi and mycorrhiza formation to pesticides. Ann. Rev. Phytopathol. 22：331-359.

11. Vanderploeg, J. F. 1972. The mycorrhizal association between *Lilium* taxa and the phycomycete *Endogone fasciculata*. MS thesis, University of Delaware, Newark, Delaware, U.S.A.

12. Wu, C.G., and S. C. Lin. eds. 1998. Technical manual of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan. 232 pp.

Influence of Biocides and Fertilizers on the VA Mycorrhizal Inoculation and Bulblet Growth of Oriental Lily [1]

Chi-Guang Wu[2], Su-Chen Lin[2], Miao-Ling Lin[2], Gwo-Dean Wu[3] and Wen-Huei Chen[3]

Summary

In this study, VA mycorrhizal fungi were inoculated to oriental lily ("Casa Blanca") scales which were embedded in vermiculite, and evaluated its interaction with selected fungicides and pesticides. Lily scales were stored at programmed temperature (25-17-5°C) to induce bulblet production. As bulblets and new roots formed, mycorrhizae were established and this innovation is helpful in increasing bulblet perimeter especially under the treatment of biocide and none-fertilizer. Fertilizer if incorporated in medium may diminish the effect of VA mycorrhizal inoculation on the growth of lily bulblets. Details of VA mycorrhizal colonization and the changes of cellular contents within roots of bulblets were discussed also.

Key words：Lily, Fungicide, Pesticide, Fertilizer, Mycorrhiza.

---

1. Contribution No. 1979 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Respectively, Associate Researcher, Assistant Researcher, Research assistant, Department of Agricultural Chemistry, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Respectively, Researcher, Department head , Department of Horticulture , Taiwan Sugar Research Institute, Tainan, Taiwan, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）48(2)：135～142（1999）

叢枝內生菌根菌與溶磷細菌接種對亞洲型百合球莖增大之影響[1]

林素禎[2]　吳繼光[2]　黃山內[3]　洪崑煌[4]

摘要：亞洲型雜交百合小鱗莖，在鹼性的栽培介質中，單獨接種菌根菌 *Glomus etunicatum* 對百合小鱗莖的生長影響並不顯著。介質中添加米糠可促進小鱗莖之生長。複合接種菌根菌與溶磷細菌並添加米糠之處理，在第二季接菌處理生長 132 天後，百合植株高度與葉片數均明顯較其他處理組爲佳。

關鍵詞：百合、菌根、溶磷細菌、鱗球生長。

前　言

百合爲世界重要球根花卉之一，可盆栽與切花，主要生產國家爲美國、日本與荷蘭。目前臺灣百合切花生產業者,大多自荷蘭輸入種球,經一季或二季養球栽培，獲得開花球,這種生產方式，不但成本高,栽培預定期也受制於國外種球商。爲了降低栽培成本,有必要進行繁殖培育之研究，解決種球生產技術上之問題。一般溫帶地區百合種球生產，由鱗片繁殖養成小鱗莖，由小鱗莖培育出一年生球，再培育一年才成爲商業種球，養球時間需費 2 年，種球生產時間很長。

有關百合接種有益微生物以加速種球增大的研究報告，國內外並不多見。Ames[6]及Vanderploeg[38]等人於溫室中將鐵砲百合(*Lilium longiflorum* Thunb.)幼苗接種囊叢枝內生菌根菌後，證實對於種球有增大的效果。 Ames 及 Linderman[7] 經由田間土壤調查發現，美國奧勒岡州 (Oregon) 鐵砲百合的根圈內生菌根菌種主要爲 *Glomus fasciculatum* 和 *Acaulospora trappei*。Ames 及 Linderman[8] 接種百合根圈所發現的菌根菌種並配合不同施肥量，進行對鐵砲百合幼苗的生長試驗。他們發現以幼苗期接種菌根菌爲最佳時期且田間施肥量會嚴重影響菌根菌的接種效果。田間施肥量越高，對於菌根菌的感染越不利。Mosa[26] 將菌根菌(*Glomus intraradices* Schenck & Smith) 接種於鐵砲百合，發現該菌種可兩倍促進上根(stem root)與下根(basal root)的生長，同時可降低種球根腐病(root rot complex) 的病害程度。

我國有關百合的菌根菌接菌試驗，啓始於 1983 年。王也珍及簡秋源[1]對台灣百合(*Lilium formosanum* Wall.)以 *Scutellospora gregaria, S. nigra* 及 *Gigaspora gigantea* 等菌種進行接種，研究其感染過程並了解介質的酸鹼值對於菌根菌孢子發芽的影響。結果發現以酸鹼值介於 5 至 6 之間爲最佳。只可根菌的感染[3]。

我國將菌根菌與其它有益微生物共同接種於百合及其它園藝作物的應用研究開始於 1994 年[4]。最

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1980 號。
2. 本所農化系助理研究員、副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 台南區農業改良場 場長。臺灣省　臺南市。
4. 臺灣大學農化系教授。台北市。

近種苗場完成一香水百合組培苗的接種菌根菌與螢光菌的試驗，其結果顯示香水百合組培苗單獨接種 *Glomus etunicatum* Becker & Gerdeman 或 *Gigsapora* sp.者，四個月後可促進葉片、根及球莖鮮、乾重，並明顯增加球莖之直徑大小。單獨接種螢光菌對香水百合無促進效果[2]。

土壤中除了菌根菌外，還有一些有益微生物可幫助作物生長，如溶磷細菌與游離性固氮細菌。

磷在土壤中約佔 0.05%(w/w)，但植物可利用的磷只佔全磷量的 0.1%[33]，磷肥施入土壤後，僅 5-15%爲當季作物吸收，其餘在酸性土壤中多與鋁及鐵結合形成難溶性鋁結合磷及鐵結合磷；在鹼性土壤中多與鈣結合，形成難溶性鈣結合磷，對植物吸收造成阻礙[30, 32]。Gerretsen[19] 發現植物施用不溶性的磷肥，經接種土壤微生物後，可促進植物生長，增加磷的吸收。他純化這些微生物之後，發現這些微生物可幫助磷礦石溶解，促進植物的生長及磷的吸收。自此之後，許多學者致力於純化土壤中的溶磷細菌，期能幫助作物吸收磷，提高磷肥的利用率[13, 21,22,34,36]。溶磷菌可爲細菌、眞菌及放線菌[35]，眞菌對磷酸鈣與磷礦石的溶解力比細菌強，且眞菌在多次繼代培養之後仍可保有溶磷能力，而很多細菌在繼代培養之後喪失溶磷能力[23]。油菜施用磷礦石 (20 mg/kg soil)並接種溶磷眞菌 (*Penicillium bilaji*)，其磷吸收量與不接菌而施用等量的磷酸銨 (monoammonium phosphate) 處理的油菜相當[24]。小麥接種 *Penicillium bilaji* 後，其植株之乾物重可增加 16%，磷總吸收量增加 14%[9]。Bajpai and Sundara Rao[12]在小麥的盆栽試驗中發現，接種 *Bacillus* 可幫助小麥吸收磷，使小麥乾物重增加 19%。

游離性固氮細菌廣泛存在土壤中，是提供土壤氮肥重要來源之一[28]。*Azotobacter* 屬之游離性固氮細菌消耗 1g的碳，可同化 100g的N_2[25]。游離性固氮細菌可固氮或產生植物生長促進物質(plant growth-promoting substances)，幫助作物生長，增加作物產量[14,15, 17]。游離性固氮細菌 (*Azospirillum*)產生的植物生長促進物質，如 IAA，gibberellin 和類似 cytokinin 的物質[37]。作物接種 *Azospirillum* 後，側根增加，側根上的根毛亦增多[29]。接種 *Azospirillum* 可增加玉米的地上部與根重，玉米收穫時，有接種 *Azospirillum* 之玉米每穗種子數約爲未接種之 3 倍，其種子之乾重爲未接種之 1.59 倍;不施氮肥但接種 *Azospirillum* 的玉米，其產量與不接菌但每公頃施用尿素 60 公斤的玉米之產量沒有明顯差異[18]。

植物複合接種菌根菌與溶磷細菌後，其所吸收的氮量及磷量比單一接種者所吸收的多[10,31]。玉米經複合接種菌根菌 (*Glomus fistulosum*) 與溶磷螢光細菌 (*Pseudomonas putida*) 後，對於地上部植體重與總葉面積有加成作用；同時對於根的感染率也較單一接種菌根菌者顯著增加[20]。

植物複合接種菌根菌與游離性固氮細菌後，其根圈內的細菌與放線菌的數目比單一接種者多[11]。番茄接種菌根菌 (*G. fasciculatum*) 後，根圈內游離性固氮細菌 (*Azotobacter chroococcum*) 之數目增加，番茄根部接種游離性固氮細菌 (*A. chroococcum*) 後，菌根菌 (*G. fasciculatum*) 之感染率及產孢量增加，複合接種菌根菌與游離性固氮細菌的番茄，其乾物重明顯比未接種者大[11]。

溶磷細菌與游離性固氮細菌在土壤中須要有機物提供碳源，米糠是一種養份高的農業廢棄物，本試驗乃以米糠作爲溶磷細菌與游離性固氮細菌之碳源。有關百合之菌根菌接種研究，大多爲菌根菌單一接種，本試驗乃利用複合性微生物配方(菌根菌、溶磷細菌及游離性固氮細菌)，探討其對亞洲型百合小鱗莖生長之影響；另外亦探討米糠之添加對百合小鱗莖生長之效應。

材料與方法

一、**試驗作物**：百合品種爲亞洲型雜交百合(*Lilium*" Elite")。剝取百合種球外層及中層鱗片，將鱗片扦插於濕的泥炭苔中，置於溫度 26 ℃ 下 9 週，使百合鱗片產生鱗片球；在低溫打破休眠之前，先置於 17 ℃下 2 週，最後在 5 ℃下 11 週，打破鱗片球休眠。選取周徑大小相當之鱗片球，約 3 公分，進行接種試驗。

二、**作物生長環境**：本試驗於花蓮區農業改良場網室中進行，試驗期間，網室之溫度範圍爲 15.6～37.5 ℃。

三、**試驗處理**：試驗處理有九種：(一)對照組（Control），(二)接種菌根菌之處理(VA), (三) 栽培介質添加米糠之處理(B), (四)接種溶磷細菌並添加米糠之處理(PS+B)，(五)接種游離性固氮細菌並添加米糠之處理(NF+B), (六) 複合接種菌根菌與溶磷細菌並添加米糠之處理(VA+PS+B), (七) 複合接種菌根菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理(VA+NF+B), (八)複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理(VA+PS+NF+B), (九)複合接種溶磷細菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理(PS+NF+B)。每一處理各種 10 盆，每盆一株。

四、**栽培介質**：栽培介質爲蛭石與石英砂 1:1 (v/v) 之混合物，每盆栽培介質的量爲 1.0 升。石英砂以 3N HCl 浸泡 2 天，以水洗至 pH 值接近 7.0，洗淨之石英砂置於烘箱 90℃中烘一天。栽培介質之 pH 值約爲 8.3。栽培介質每升添加 24 公克 磷礦石粉，磷礦石粉 P_2O_5 含量爲 32～33%，由臺灣肥料公司購得。百合接菌處理後生長 191 天換大盆繼續培養，栽培介質如前所述，另於換盆時作第二次接種，所使用之菌種與接種方法與第一次接種相同。

五、**試驗菌種**：(1)菌根菌：試驗所使用之菌根菌爲 *Glomus etunicatum*，菌根菌以百喜草當宿主，百喜草種在以砂爲介質的盆栽中，百喜草收穫後，以塑膠袋密封，置於冷房 4℃ 中保存，本試驗所使用之菌土在冷房中保存了 3 個月。(2)溶磷細菌(TARI-93113001-2，TARI-93121301)：由選擇性培養基篩選出可溶解磷酸鈣之菌株[39]，菌株來自農業試驗所之試驗田土與自製堆肥(雞糞、鋸木屑堆肥)。(3) 游離性固氮細菌 (TARI-93120106，TARI-93120102) ：菌株來源與溶磷細菌一樣亦由農業試驗所之試驗田及自製堆肥中篩選而得，以選擇性培養基[16] 培養。溶磷細菌與游離性固氮細菌培養一週後，菌液以離心法分離培養液與菌體，培養液倒棄，收集菌體，菌體加水稀釋至定量體積。菌液使用時之菌數約爲 10^7 cells ml^{-1} 。

六、**接種方法**：(1)菌根菌之接種：接種方法爲菌土與栽培介質混合均勻，菌土的接種量爲每個鱗片球接種約 100 個孢子。(2)溶磷細菌、游離性固氮細菌之接種：接種方法爲吸取處理好之菌液 10 ml，在百合鱗片球四周注入菌液，每個鱗片球接種量約爲 10^8 cells。

七、**施肥方法**：在苗期每星期以 Modified Hoagland 營養液(含磷 8 ppm) 50ml 澆灌，隨著植株生長增加，營養液之用量亦增加。米糠之添加量爲每升栽培介質中添加 24 公克。

八、**生育調查**：百合鱗片球接菌 191 天後調查各處理之生育情形，調查完後，換大盆栽種，並作二次接種，接菌後繼續培養。二次接種 132 天後，調查百合之開花率及植株之生育情形。

結果與討論

一、微生物接種對亞洲型百合鱗片球生長之影響

百合鱗片球經試驗處理後生長 191 天，調查其生育情形，如表 1 所示,不添加米糠不接菌之對照組(Control)，百合鱗片葉數 1.3 葉，鱗片葉長 12.6cm，鱗片葉寬 1.1cm，周徑 4.6cm，生長勢爲所有處理中最差者。單獨接種菌根菌之處理(VA)，百合鱗片葉數 1.4 葉，鱗片葉長 14.7cm，鱗片葉寬 1.4cm，周徑 5.0cm，生長勢比對照組(Control)稍好，但差異不顯著。添加米糠之處理(B)，百合鱗片葉數 5.6 葉，鱗片葉長 17.2cm，鱗片葉寬 1.5cm，周徑 7.1cm，生長勢比不加米糠之兩處理(Control，VA)好，百合球莖周徑明顯比不添加米糠之兩處理(Control，VA)大，由此可知，百合在球莖增大期須要較多的養分，每週所施加之營養液養份與添加之磷礦石粉尚不足供應百合生長所需。菌根菌雖可幫助作物吸收養份，但由於栽培介質所含養份很少(蛭石，石英砂)，而施加之肥料磷礦石粉與營養液，不足以供應百合生長所需，且磷礦石粉在中性與鹼性的環境中很難被植物所利用，即使接種菌根菌，效益也不大，此結果與前人研究結果相同[27]。

表 1. 亞洲型百合接種不同微生物製劑 191 天後對其生長之影響(第一季)

Table 1. Different microbial inoculation effect on the growth of Asian hybrid lily (1st crop) after 191 days

Treatments[z]	Leaf number (no.)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Root length (cm)	Root number (no.)	Bulb perimeter (cm)	Death rate (%)
Control	1.3 [cy]	12.6 [c]	1.1 [c]	26.1 [a]	7.8 [c]	4.6 [b]	60
VA	1.4 [c]	14.7 [bc]	1.4 [b]	24.7 [a]	10.4 [bc]	5.0 [b]	20
B	5.6 [a]	17.2 [ab]	1.5 [ab]	28.6 [a]	14.3 [a]	7.1 [a]	10
PS + B	4.9 [a]	17.4 [ab]	1.7 [a]	26.3 [a]	15.1 [a]	7.1 [a]	10
NF + B	4.5 [ab]	15.7 [ab]	1.5 [ab]	26.2 [a]	12.8 [ab]	6.8 [a]	40
VA + PS + B	4.4 [ab]	17.6 [a]	1.5 [ab]	27.7 [a]	13.0 [ab]	7.2 [a]	0
VA + NF + B	4.9 [a]	18.0 [a]	1.7 [a]	28.1 [a]	12.8 [ab]	7.5 [a]	0
VA + PS + NF + B	5.0 [a]	17.0 [ab]	1.5 [ab]	24.2 [a]	13.6 [ab]	7.4 [a]	0
PS + NF + B	4.3 [b]	16.8 [ab]	1.5 [ab]	27.8 [a]	13.9 [ab]	7.4 [a]	0

[z] VA：VA mycorrhiza；B：Bran；PS：Phosphate solubilizing bacteria；NF：Free-living nitrogen-fixing bacteria.

[y] Mean separation in columns by the same letter is not significantly different by Duncan's multiple range test, 5% level.

接種溶磷細菌並添加米糠之處理(PS+B)，百合鱗片葉數 4.9 葉，鱗片葉長 17.4cm，鱗片葉寬 1.7cm，周徑 7.1cm，生長勢與添加米糠之處理(B)無明顯差異。接種游離性固氮細菌並添加米糠之處理(NF+B)，百合鱗片葉數 4.5 葉，鱗片葉長 15.7cm，鱗片葉寬 1.5cm，周徑 6.8cm，生長勢與添加米糠之處理(B)無明顯差異。複合接種菌根菌與溶磷細菌並添加米糠之處理(VA+PS+B)，百合鱗片葉數 4.4 葉，鱗片葉長 17.6cm，鱗片葉寬 1.5cm，周徑 7.2cm，生長勢與添加米糠之處理(B)無明顯差異。複合接種菌根菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理(VA+NF+B)，百合鱗片葉數 4.9 葉，鱗片葉長 18.0cm，鱗片葉寬 1.7cm，周徑 7.5cm，生長勢與添加米糠之處理(B)無明顯差異。複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理(VA+PS+NF+B)，百合鱗片葉數 5.0 葉，鱗片葉長 17.0cm，鱗片葉寬 1.5cm，周徑 7.4cm，生長勢與添加米糠之處理(B)無明顯差異。複合接種溶磷細菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理(PS+NF+B)，百合鱗片葉數 4.3 葉，鱗片葉長 16.8cm，鱗片葉寬 1.5cm，周徑 7.4cm，生長勢與添加米糠之處理(B)無明顯差異。由以上結果可知，在百合由鱗片球長至公斤球(周徑 6～9cm)之階段，添加米糠之各處理，無論有無接菌處理，在生長勢上無明顯之差異。

二、微生物接種對亞洲型百合球莖第二季生長之影響

百合球莖經生育調查後，換大盆(1.5 升)繼續培養。本省冬季低溫可使百合球莖自然打破休眠，各處理百合於換盆後，球莖迅速抽莖，換盆後 132 天，調查百合植株之生育情形及開花率，結果列於表 2。由表 2 可知，不添加米糠不接種之處理(Control)，百合株高 27cm，葉數 24.2 葉，花朵數 0，開花率 0%。不添加米糠而接種菌根菌之處理(VA)，百合株高 24.9cm，葉數 21.9 葉，花朵數 0.1，開花率 12.5%，接種菌根菌(VA)與不接菌之處理(Control)比較，百合之生長勢無明顯差異，而添加米糠不接菌之處理(B)，百合株高 43.3cm，葉數 38.6 葉，花朵數 0.8，開花率 55.6%，百合生長勢比不加米糠之兩處理(Control，VA)好。由此可知，當栽培介質為鹼性時，雖接種菌根菌，對百合之生長並無助益，反而有出現因菌根菌消耗百合碳源而呈現生長減緩之現象。

表 2. 亞洲型百合接種不同微生物製劑 132 天後對其生長之影響(第二季)
Table 2. Different microbial inoculation effect on the growth of Asian hybrid lily (2nd crop) after 132 days

Treatments[z]	Plant height (cm)	Leaf number (no.)	Flower number (no.)	Flowering rate (%)
Control	27.0 [cy]	24.2 [c]	0.0 [c]	0
B	43.3 [b]	38.6 [b]	0.8 [ab]	55.6
VA	24.9 [c]	21.9 [c]	0.1 [bc]	12.5
PS + B	33.1 [bc]	35.8 [b]	0.6 [abc]	55.6
NF + B	37.5 [bc]	37.3 [b]	0.3 [bc]	33.3
VA + PS + B	57.4 [a]	52.0 [a]	1.2 [a]	80.0
VA + NF + B	40.4 [bc]	42.3 [b]	0.6 [bc]	57.1
VA + PS + NF + B	36.0 [bc]	38.0 [b]	0.6 [abc]	44.4
PS + NF + B	27.7 [bc]	35.4 [b]	0.3 [bc]	28.6

[z] VA：VA mycorrhiza；B：Bran； PS：Phosphate solubilizing bacteria；NF：Free-living nitrogen-fixing bacteria.
[y] Mean separation in columns by the same letter is not significantly different by Duncan's multiple range test, 5% level.

接種溶磷細菌並添加米糠之處理(PS+B)，百合株高 33.1cm，葉數 35.8 葉，花朵數 0.6 朵，開花率 55.6%，百合生長勢與添加米糠之處理(B)無明顯差異。接種游離性固氮細菌並添加米糠之處理(NF+B)，百合株高 37.5cm，葉數 37.3 葉，花朵數 0.3 朵，開花率 33.3%，百合生長勢與添加米糠之處理(B)無明顯差異。複合接種菌根菌與溶磷細菌並添加米糠之處理(VA+PS+B)，百合株高 57.4cm，葉數 52.0 葉，花朵數 1.2 朵，開花率 80.0%，百合生長勢明顯比只添加米糠之處理(B)好。複合接種菌根菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理（VA＋NF＋B），百合株高 40.4cm，葉數 42.3 葉，花朵數 0.6 朵，開花率 57.1 %，百合生長勢與添加米糠之處理（B）無明顯差異。複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理（VB ＋ PS ＋ NF ＋ B），百合株高 36.0cm，葉數 38.0 葉，花朵數 0.6 朵，開花率 44.4 %，百合生長勢與添加米糠之處理（B）無明顯差異。複合接種溶磷細菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理（PS ＋ NF ＋ B），百合株高 27.7cm，葉數 35.4 葉，花朵數 0.3 朵，開花率 28.6 %，百合生長勢與添加米糠之處理（B）無明顯差異。由以上結果可知，在鹼性的環境中，複合接種菌根菌與溶磷細菌並添加米糠之處理(VA+PS+B)，對植株生長之促進效益最大，溶磷細菌可溶解磷礦石粉，使磷釋放，菌根菌根外菌絲增加吸收面積，兩種菌配合在一起，加上米糠提供之養分(氮含量 1.95%，磷含量 4.38%，鉀含量 1.49%)，百合生長明顯增加。

本項接菌試驗在鹼性的栽培介質中單獨接種菌根菌無法增大球莖，這與 Ames[6] 及 Vanderploeg[38] 等人所做的試驗結果相反。 其可能原因除了百合品種與菌根菌種類不同外，栽培介質的 pH 與養份的供應是否充足亦有關係。菌根菌與溶磷細菌的接種雖無法在第一季生長期間增大百合球莖的周徑，但卻蓄積較多的養分，進而在下一季的生長時，能在株高與葉片數上顯著優於其他各組。

誌　謝

本研究感謝臺灣省政府公務預算及農委會計畫(86 科技-1.7-糧-23(5); 87 科技-1.1-糧-17(4); 88 科技-1.1-糧-10(3))經費之支持，以及花蓮區農業改良場在試驗期間所提供人力及技術之支援。

引用文獻

1. 王也珍、簡秋源。 1983。 數種大孢菌屬孢子的萌發與接種對百合內生菌根形成的研究。中華眞菌學會會刊 1:29-40。
2. 文紀鑾、蔡瑜卿、蕭芳蘭、張正。 1997。 囊叢之菌根菌在百合組織培養苗上的應用。 八十五年度土壤肥料試驗研究成果報告 119-126 頁。
3. 呂斯文、張喜寧。 1995。 百合接種囊叢枝菌根菌之感染模式及菌根形態觀察。 臺大農學院研究報告 35: 285-293。
4. 吳繼光、林素禎。 1998。 叢枝內生菌根菌應用技術手冊。 232 頁。臺灣省農業試驗所編印。
5. 張喜寧、鄭淑芬、文紀鑾、江婉祺，邱郁月。 1994。 囊叢枝菌根在花卉上之應用，173-181 頁。微生物肥料之開發與利用研討會專刊。臺灣省農業試驗所嘉義分所編印，臺灣，嘉義。
6. Ames, R. N. 1977. Studies on the vesicular-arbuscular mycorrhizae of Easter lily in the Pacific Northwest. MS thesis, Oregon State University, Corvallis, Oregon, U.S.A.
7. Ames, R. N., and R. G. Linderman. 1977. Vesicular-arbuscular mycorrhizae of Easter lily in the northwest United States. Can. J. Microbiol. 23:1663-1668.
8. Ames, R. N., and R. G. Linderman. 1978. The growth of Easter lily (*Lilium longiflorum*) as influenced by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, *Fusarium oxysporum*, and fertility level. Can. J. Bot. 56:2773-2780.
9. Asea, P. E. A., R. M. N. Kucey, and J. W. B. Stewart. 1988. Inorganic phosphate solubilization by two *Penicilliun* species in solution culture and soil. Soil Biol. Biochem. 20:459-464.
10. Azcon, R., J. M. Barea, and D. S. Hayman. 1976. Utilization of rock phosphate in alkaline soil by plants inoculated with mycorrhizal fungi and phosphate-solubilizing bacteria. Soil Biol. Biochem. 8:135-138.
11. Bagyaraj, D. J., and J. A. Menge. 1978. Interaction between VA mycorrhiza and *Azotobacter* and their effects on rhizosphere microflora and plant growth. New Phytol. 80:567-573.
12. Bajpai, P. D., and W. V. B. Sundara Rao. 1971. Phosphate Solubilizing bacteria. Part III. Soil Inoculation with phosphorous solubilizing bacteria. Soil Sci. and Plant Nutr. 17:46-53.
13. Bajpai, P. D., and W. V. B. Sundara Rao. 1971. Phosphate solubilizing bacteria. Part I. Soubilization of phosphate in liquid culture by selected bacteria as affected by different pH values. Soil Sci. and Plant Nutr. 17:41-43.
14. Barea, J. M., A. F. Bonis, and J. Olivares. 1983. Interactions between *Azospirillum* and VA mycorrhiza and their effects on growth and nutrition of maize and ryegrass. Soil Biol. Biochem. 15:705-709.
15. Brown, M. E. 1974. Bacterization of seeds and roots. Ann. Rev. Phytop. 12:181-198.
16. Döbereiner, J., and J. M. Day. 1976. Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites, pp.518-538. In: Newton, W. E., and C. J. Nyman eds. Proceedings of 1st International Symposium on Nitrogen Fixation, Vol. 2., Washington State University, Pullman, USA.
17. Dart, P. J. 1986. Nitrogen fixation associated with non-legumes in agriculture. Plant and Soil 90:303-334.
18. Fulchier, M., and L. Frioni. 1994. *Azospirillum* inoculation on maize (zea mays): effect on yield in a field experiment in central Argentina. Soil Biol. Biochem. 26:921-923.
19. Gerretsen, F. C. 1948. The influence of microorganisms on the phosphate intake by the plant. Plant and Soil 1:51-81.
20. Gryndler, M., and M. Vosatka. 1996. The response of *Glomus fistulosum*-maize mycorrhiza to treatments with culture fractions from *Pseudomonas putida*. Mycorrhiza 6:207-211.
21. Halvorson, H. O., A. Keynan, and H.L. Kornberg. 1990. Utilization of calcium phosphates for microbial growth at alkaline pH. Soil Biol. Biochem. 22:887-890.
22. Illmer, P., and F. Schinner .1992. Solubilization of inorganic phosphate by microorganisms isolated from forest soil. Soil Biol. Biochem. 24:389-395.
23. Kucey, R. M. N. 1983. Phosphate-solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin Alberta soils. Can. J. Soil Sci. 63:671-678.
24. Kucey, R. M. N., and M. E. Leggett. 1989. Increased yields and phosphorous uptake by Westar canola (*Brassica napus* L.) inoculated with a phosphate-solubilizing isolate of *Penicillium bilaaji*. Can. J. Soil Sci. 69:425-432.
25. Mishustin, E. N., and V. K. Shil nikova. 1971. Biological Fixation of Atmospheric Nitrogen. Pennsylvania State Univ. Press, College Park. Pennsylvania.

26. Mosa, Jose R. V. 1991. Effects of inoculations with pathogenic and beneficial microorganisms and ammonium or nitrate fertilization on Easter lily growth. MS. thesis, Oregon St. University, USA. 78pp.

27. Mosse, B., C. L. Powell, and D. S. Hayman. 1976. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. IX. Interactions between VA mycorrhiza rock phosphate and symbiotic nitrogen fixation. New Phytol. 76:331-342.

28. Neyra, C. A., and J. Dobereiner. 1977. Nitrogen fixation in grasses. Advances in Agronomy 29 : 1-38.

29. Okon, Y., and Y. Kapulnik. 1986. Development and function of *Azospirillum*-inoculated roots. Plant and Soil 90:3-16.

30. Olsen, S. R., and F. E. Khasawneh. 1980. Use and limitations of physical-chemical criteria for assessing the status of phosphorous in soil. pp.361-410. In: The role of phosphorus in Agriculture. F.E. Khasawneh,E.C. Sample, and E.J. Kamprath (eds.), Amer. Society of Agron., Madison, Wis.

31. Raj, J., D. J. Bagyaraj, and A. Manjunath. 1981. Influence of soil inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhiza and a phosphate-dissolving bacterium on plant growth and ^{32}P-uptake. Soil Biol. Biochem. 13:105-108.

32. Russel, E. W. 1973. Soil conditions and plant growth. 10th ed., pp. 555-603. Logman, London .

33. Scheffer, F., and P. Schachtschabel .1992. Lehrbuch der Bodenkunde. Fredinand Enke Verlag. Stuttgart.

34. Sperber, J. I. 1958. The incidence of Apatite-solubilizing organisms in the rhizosphere and soil. Aust. J. Agric. Res. 9:778-781.

35. Subba Rao, N. S. 1982. Phosphate solubilizing microorganisms. pp.128-136. In: Biofertilizers in Agriculture. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi.

36. Thomas, G. V., M. V. Shantaram, and N. Saraswathy. 1985. Occurrence and activity of phosphate-solubilizing fungi from coconut plantation soils. Plant and Soil 87:357-364.

37. Tien, T. M., M. H. Gaskins, and D. H. Hubbell .1979. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). Appl. & Environ. Microbiol. 37:1016-1024.

38. Vanderploeg, J. F. 1972. The mycorrhizal association between *Lilium* taxa and the phycomycete *Endogone fasciculata*. MS thesis, University of Delaware, Newark, Delaware, U.S.A.

39. Young, C. C. 1990. Effects of phosphate-solubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of tree species in subtropical-tropical soils. Soil Sci. Plant Nutr. 36: 225-231.

Inoculation Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Phosphate-Solubilizing Bacteria on the Growth of Asian Hybrid Lily[1]

Su-Chen Lin[2], Chi-Guang Wu[2], Shan-Ney Huang[3] and Kun-Huang Houng[4]

Summary

In an alkaline growth medium, inoculation of *Glomus etunicatum* could not significantly enhance the bulblets growth of Asian hybrid lily. Instead, amendment of rice bran in the medium could increase the growth of bulblets. With the same amendment, dual inoculation of VA mycorrhizal fungus and phosphate-solubilizing bacteria showed the best promotion of growth. Especially at the second crop, the same treatment showed significant effect in the features of plant height and leaf number.

Key Words: Lily, Mycorrhiza, Phosphate-solubilizing bacteria, Bulb growth.

1. Contribution No. 1980 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Assistant Researcher, Associate Researcher, Department of Agricultural Chemistry, TARI., Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Director, Tainan District Agricultural Improvement Station, Tainan, Taiwan, ROC.
4. Professor, Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）48(2)：143～148（1999）

菌核鮑魚菇產生菌核之研究[1]

陳美杏　彭金騰[2]

摘要：利用稻草、山黃麻木屑或棉子殼等介質栽培菌核鮑魚菇（*Pleurotus tuber-regium*），結果顯示以棉子殼栽培之菌核最大，而以山黃麻木屑栽培最小。就生物效率而言，以棉子殼栽培和稻草栽培兩者並未達顯著之差異，分別爲 31.73%及 34.35%。以棉子殼爲栽培基質，評估溫度對菌核鮑魚菇之菌核產生的影響，發現菌核的產量及生物效率隨著溫度的升高而有顯著降低的趨勢，其中菌核最適生產的溫度爲 20℃。進一步，將棉子殼之含水量調整於 65%(w/w)所產生之菌核產量最大。添加不同比例之米糠於棉子殼中，結果以不添加米糠者產量(150.04g/盆)及生物效率(42.87%)最高，其次是添加 10%米糠者。

關鍵詞：菌核鮑魚菇、菌核、棉子殼、栽培介質。

菌核鮑魚菇（*Pleurotus tuber-regium*(Fr.) Singer）是屬於熱帶及亞熱帶地區的一種擔子菌，主要產於非洲、印度及大洋洲等地區[(10,11,12)]，它會在地表下形成巨大圓形至卵圓形菌核，直徑最大者可達 30 公分，外表呈深褐色，剖開內部則爲白色。在奈及利亞，農民耕種時會將其挖出，作爲鮮食或藥物之用。菌核中所含的營養成份依 Fasidi 和 Ekuere[(1)]的分析，以蛋白質(13.0%～16.8%)和脂質(0.72%～1.02%)佔大部份，其次爲鉀、鈉、鎂、鈣及磷等元素。它對人類的疾病如氣喘、胸部疼痛、水腫、天花、高血壓、神經失序、便秘等均具有非常好的療效[(10)]。此外，它的菌絲可以分泌類似 Trans-2-decenedioic acid[(4)]的物質，可以使線蟲麻痺，而達到防治線蟲的效果[(2)]。本菌子實體亦可直接由栽培介質中長出，不一定要經過菌核的階段[(6,7)]。若將菌核維持潮濕狀態，七天內可形成子實體，而菇體產量與菌核大小有密切的相關性[(9)]。Okhuoya 和 Okogbo[(8)]在實驗室內利用木屑第一次成功地人工培養菌核。Isikhuemher 和 Okhuoya[(3)]則更進一步將菌核作大面積的培養，結果可使每床(1.2x1.2x0.25m)菌核產量高達 4.45±0.67Kg。因此，本文的主要目的，在於找出適合國內生產本菌菌核之栽培介質及其生長條件，以供進一步研究及生產之用。

材料與方法

一、供試菌系

本研究所用之菌核鮑魚菇品系爲 Holland plt-1 菌株，係由荷蘭 Peter Oei 先生贈送，定期以馬鈴薯葡萄糖洋菜培養基更新培養，並於液態氮中保存。

二、菌種的製備

小麥先以水洗淨置於冷水中煮沸，經沸騰 20 分鐘後，濾除水份，並添加 1%之碳酸鈣，冷卻後裝入四角瓶內且塞好棉塞，然後於高溫高壓蒸氣殺菌(121℃，1.2Kg/cm^2，1 小時)，冷卻後隔夜再將上述㈠所培養的菌核鮑魚菇菌絲塊接種至四角瓶中，置於 30℃生長 15 天，此即爲麥粒菌種。

---

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1981 號。
2. 本所植病系助理研究員及研究員兼系主任。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

三、不同栽培基質對菌核鮑魚菇產生菌核之影響

山黃麻(*Trema orientalis*) 木屑 (戶外堆積三個月，含水量 61.73 %w/w)、棉子殼(含水量 62.07 %w/w) 及新鮮稻草(含水量 62.30 %w/w)等三種栽培介質分別裝入塑膠盆中(直徑 15.0 公分，高 13.5 公分)，前兩種介質每瓶塡裝 800 克，稻草每瓶塡裝 500 克，移入電腦自動化控制殺菌程式之殺菌釜殺菌。之後將殺菌完成之塑膠盆移入至冷卻室冷卻，隔夜再接種菌核鮑魚菇小麥菌種，置於室溫中培養約 20 天菌絲長滿，每盆覆上 50 克泥炭土(以碳酸鈣調整 pH 至 6.5)，每一處理三重複，每一重複 10 盆，經接種四個月後採收菌核，調查其重量及生物效率(＝採收時菌核之鮮重／接種時栽培基質乾重 x100%)。

四、不同培養溫度對菌核鮑魚菇產生菌核之影響

將菌核鮑魚菇的菌種接種至棉子殼的栽培介質中，基質含水量調整爲 65 %(w/w)左右，待菌絲長滿後依上述㈢之方法覆土，然後分別置於 20、24、28 及 32℃的定溫箱中繼續培養至四個月採收菌核，每一處理三重複，每一重複 10 盆，調查其重量及生物效率。

五、不同含水量對菌核鮑魚菇產生菌核之影響

將棉子殼的含水量分別調整爲 55 %、60 %及 65 %(w/w)，每盆裝塡 1,000 克，其他作法同㈢之方法，俟菌絲長滿後覆土並移至 20℃中培養，每一處理三重複，每一重複 10 盆，調查菌核重量及生物效率。

六、添加不同比例之米糠對菌核鮑魚菇產生菌核之影響

將 10 %、20 %及 40 %(w/w)之米糠分別添加至棉子殼中，水份含量爲 65 %，每盆 1000 克，並以不添加米糠者作爲對照，經高溫高壓殺菌後接種，置於室溫中培養約 26 天菌絲長滿，覆土後移至 20℃中培養，每一處理三重複，每一重複 10 盆，調查菌核重量及生物效率。

結果與討論

往昔許多學者均以菌核作爲培育菌核鮑魚菇的接種源[3,6]，即將菌核切成較小的片段，經表面消毒後作爲原種之用，然此方法常有其他雜菌的污染，且在覆土前或覆土後均易遭受綠黴或木黴菌的感染，於是有些學者改以用油棕果纖維(Oil palm fruit fiber) [7] 或廢棉加米糠(9：1， w/w) [1] 等介質製作原種以取代菌核，筆者鑑於材料取得不易，利用麥粒作爲接種源，不僅可克服材料取得的問題且可避免雜菌的污染。

Okhuoya 和 Etugo [6] 以 *Daniella oliveri*、 *Elaeis quineensi*、 *Ceiba petandra* 和 *Triplochiton scleroxylon* 等四種樹種的木屑培養菌核鮑魚菇，發現它的菌絲在 *D. oliveri* 及 *E. quineensi* 生長最好，且可以成功地培養出菌核，而在 *C. petandra* 和 *T. scleroxylon* 則僅形成子實體，不能產生菌核。Fasidi 和 Ekuere [1] 以四種農業廢棄物來栽培菌核鮑魚菇之菌核，結果以廢棉和稻草所栽培的生物效率最佳，分別爲 29.51% 及 30.11%。Isikhuemhen 和 Okhuoya [3] 利用木屑、玉米穗軸及樹薯來生產菌核，結果以木屑最好。本試驗分別以稻草、山黃麻木屑或棉子殼等介質栽培菌核鮑魚菇，試驗結果顯示以棉子殼之菌核產量最高，可達 96.29 克／盆，以山黃麻最差(圖 1)，僅 24.79 克／盆。就生物效率而言，以棉子殼栽培和稻草栽培兩者並未達顯著之差異，分別爲 31.73%及 34.35% (表 1)，而山黃麻木屑栽培之生物效率僅 8.10%。由於稻草較爲蓬鬆，在塑膠盆中最多只能塡裝 500 克，因此，筆者遂以棉子殼作爲栽培介質進行以下的實驗。

將麥粒菌種接種在棉子殼上，待菌絲長滿後覆土，分別置於不同溫度的定溫箱中，經四個月後採收菌核，結果以 20℃效果最好，生物效率可達 35.92%，其次是在 24℃(圖 2)。此外，菌核的產量及生物效率隨著溫度升高而有顯著降低的趨勢，但當溫度高於 32℃則只能出菇，卻無法產生菌核，此與過去學者培養菌核的溫度爲 28℃～30℃ [1,3,6] 不儘相同。據 Okhuoka 和 Ajerio [5] 調查指出在奈及利亞菌核於每年的九至十二月間形成，次年的四至八月雨季來臨時出菇，也許低溫有助於菌核的形成。

表 1. 三種不同農業廢棄物對菌核鮑魚菇產生菌核之影響

Table 1. The effect of three agricultural wastes on the production of sclerotia by *Pleurotus tuber-regium*[z]

Agricultural waste	Production of sclerotia	
	Yield (g/pot)	Biological efficiency (%)
Sawdust of *Trema orientalis*	24.79	8.10b[y]
Cotton seed hulls	96.29	31.73a
Rice straw	64.76	34.35a

[z] The substrate in polypropylene(pp) pots(320cm^3) was sterilized at 121℃ for 1 hr. Each pot of sawdust or cotton seed hulls contained 800g of substrate of which water contents were 61.73% and 62.07%, respectively. Each pot of rice straw contained 500g of substrate of which water content was 62.30%. There were 3 replicates for each kind of wastes and 10 pots for each replicate. All pots were kept at 23±2℃ for 120 days before the harvest of sclerotia.

[y] Means with the same letter of a column are not significantly different (P= 0.05) according to Duncan's multiple range test.

表 2. 不同培養溫度對菌核鮑魚菇產生菌核之影響

Table 2. The effect of temperature during incubation on the production of sclerotia by *P. tuber-regium* in sterilized cotton seed hulls[z]

Temperature (℃)	Production of sclerotia or mushroom		
	Yield of sclerotia (g/pot)	Yield of mushroom (g/pot)	Biological efficiency (%)
20	83.97	0	35.92
24	61.10	0	26.14
28	4.29	0	1.83
32	0	8.21	3.51
L. S. D. $_{0.01}$	16.88	0.16	7.22

[z] The substrate in polypropylene(pp) pots(320cm^3) was sterilized at 121℃ for 1 hr. Each pot contained 800g of cotton seed hulls of which water content was 70.78%. There were 3 replicates for each temperature and 10 pots for each replicate. All pots were incubated for 120 days before the harvest of sclerotia.

圖 1. 由不同栽培材料基質所形成之菌核鮑魚菇之菌核。

Fig. 1. Sclerotia produced by *Pleurotus tuber-regium* grown in different kinds of agricultural wastes as the cultural substrates. A. cotton seed hulls, B. rice straw and C. sawdust from *Trema orientalis*.

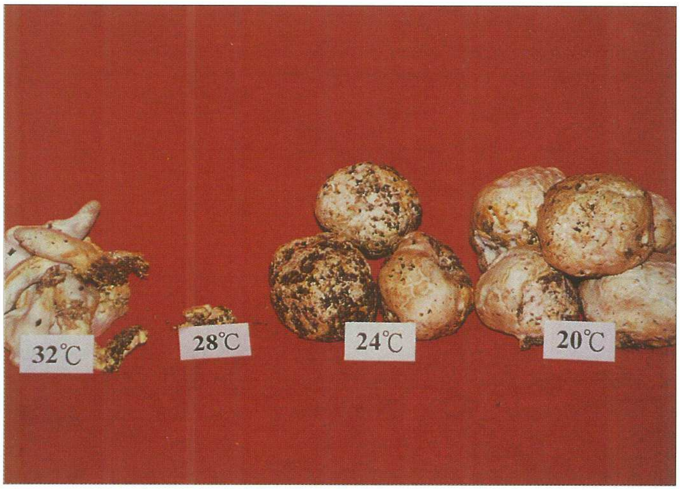


圖 2. 不同溫度培養下在棉子殼基質形成之菌核及幼小子實體。
Fig. 2. Sclerotia and small fruit bodies produced by *Pleurotus tuber-regium* grown in sterilized cotton seed hulls at different temperatures for 120 days.

Fasid 和 Ekuere [1] 將栽培介質的含水量調整於 60% (w/w) 時，其菌核產量最高爲 301.06 克 (500 克栽培基質)，生物效率最高爲 30.11%，Okhuoya 和 Okogbo [7] 則將栽培出菇的介質含水量調整爲 70%，顯示栽培介質水份含量的多寡，在菌核產量上佔有極重要的地位。因此，我們試著將棉子殼調整成不同的含水量來栽培菌核鮑魚菇，結果顯示以含水量 65%(w/w)所產生的菌核產量最大(表 3)，可達 143.99 克／盆，生物效率可達 41%左右。

在棉子殼中添加不同乾重比的米糠，結果以不添加者菌核產量最高，可達 150.04 克／盆(表 4)，生物效率爲 42.87%，其次是添加 10%者，添加至 40%的米糠時，則無菌核之產生。Isikhuemhen 和 Okhuoya [3] 在木屑中添加不同百分比的氮磷鉀，結果以不添加之對照組所產生的菌核最大，生物效率也最高，隨著添加的量增加，菌核的產量也越低，至添加 4%時，則無菌核之產生，本實驗也有類似的結果，可見養份越多越不利於菌核的形成。

由以上試驗結果顯示，將棉子殼含水量調整爲 65%(w/w)，經高溫高壓蒸氣消毒後，再接種菌核鮑魚菇麥粒菌種，待菌絲長滿後覆土，移至 20℃繼續培養，可以達到最大的生物效率，惟添加米糠並不能增加菌核的產量。因此如何改善基質材料配方以提高菌核產量及有效地大面積推廣栽培，是今後棉子殼栽培菌核鮑魚菇的研究重點，至於菌核的藥效，則需與醫界作進一步合作與研究。

表 3. 不同棉子殼基質含水量對菌核鮑魚菇產生菌核之影響
Table 3. Effect of water content in the substrate of cotton seed hulls on the production of sclerotia by *P. tuber-regium*[z]

Water content of substrate (%)	Production of sclerotia	
	Yield (g/pot)	Biological efficiency (%)
55	76.73	17.05
60	106.66	26.67
65	143.99	41.14
L. S. D.$_{0.01}$	40.90	9.79

[z] The substrate in polypropylene(pp) pots(320cm^3) was sterilized at 121℃ for 1 hr. Each pot contained 1000g of cotton seed hulls of which water contents were different. All pots were kept at 20℃ for 120 days.

表 4. 棉子殼中添加不同比例之米糠對菌核鮑魚菇產生菌核之影響

Table 4. Effect of the amount of rice bran in cotton seed hull substrate on the production of sclerotia by *P. tuber-regium* [z]

Percentage of rice bran	Production of sclerotia	
	Yield（g/pot）	Biological efficiency（%）
0	150.04	42.87
10	26.72	7.64
20	4.37	1.25
40	0	0
L. S. D.$_{0.01}$	22.06	6.30

[z] All substrates in polypropylene(pp) pots(320cm^3) were sterilized at 121℃for 1 hr. Each pot contained 1000g of substrate. There were 3 replicates for each treatment and 10 pots for each replicate. All pots were kept at 20℃ for 120 days.

引用文獻

1. Fasidi, I. O., and U. U. Ekuere. 1993. Studies on *Pleurotus tuber-regium*(Fr.) Singer :cultivation, proximate composition and mineral contents of protein. Food Chem. 48：255-258.
2. Hibbett, D. S., and R. G. Thorn. 1994. Nematode-trapping in *Pleurotus tuber-regium*. Mycologia 86(5):397-401.
3. Isikhuemhen, O. S., and J. A. Okhuoya. 1996. Cultivation of *Pleurotus tuber-regium* (Fr.) Singer for production of edible sclerotia on agricultural wastes, pp.429-435. In: Royse, D. J. ed. Mushroom Biology and Mushroom Products, proceedings, 2nd International conference, June 9-12, 1996, Penn. State Univ. USA.
4. Kwok, O. C. H., R. Plattner, D. Weisleder, and D. T. Wicklow. 1992. A nematicidal toxin from *Pleurotus ostreatus* NRRI, 3526. J. Chem. Ecol. 18:127-136
5. Okhuoya, J. A. and C. Ajerio. 1988. Analysis of sclerotia and sporophores of *Pleurotus tuber-regium* Fr. an edible mushroom in Nigeria. Korean J. Mycol. 16:204-206.
6. Okhuoya, J. A., and J. E. Etugo. 1993. Studies of the cultivation of *Pleurotus tuber-regium*(Fr.) Singer an edible mushroom. Bioresource Technology 44：1-3.
7. Okhuoya, J. A., and F. O. Okogbo. 1991. Cultivation of *Pleurotus tuber-regium*(Fr.) Singer on various farm wastes. Proc. Okla. Acad. Sci. 71：1-3.
8. Okhuoya, J. A., and F. O. Okogbo. 1990. Induction of edible sclerotia of *Pleurotus tuber-regium*(Fr.) Singer in the laboratory. Ann. appl. Biol. 117：295-298.
9. Oso, B. A. 1977. *Pleurotus tuber- regium* from Nigeria. Mycologia 69：271-279.
10. Pegler, D. N. 1983. The genus Lentinus. Kew Bull., Add. Ser. 10. 281pp.
11. Singer, R. 1961. Mushroom and truffles. Interscience Inc. New York, USA. 272pp.
12. Zoberi, M. H. 1973. Some edible mushroom from Nigeria. Nig. Field 38:81-90.

Studies on the Production of Sclerotia by *Pleurotus tuber- regium* (Fr.) Singer [1]

Meei-Hsing Chen and Jin-Torng Peng[2]

Summary

Three kinds of agricultural wastes were evaluated for their suitability for the production of sclerotia by *Pleurotus tuber-regium*. Cotton seed hulls and rice straw were more suitable for the production of sclerotia by the fungus than sawdust on the basis of biological efficiency. The optimum temperature and water content of the substrate for the production of sclerotia were 20℃ and 65%(w/w) respectively when cotton seed hulls were used as the substrate without adding any nutrient. In addition, supplementation of rice bran into the same substrate reduced markedly both production of sclerotia and biological efficiency of the fungus.

Key words: *Pleurotus tuber-regium*, Sclerotia, Cotton seed hull.

---

1. Contribution No. 1981 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Research plant pathologist and Senior plant pathologist, Department of Plant Pathology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

Jour. Agric. Res. China（中華農業研究）48(2)：149～155（1999）

A Check List of Mecoptera (Insecta) of Taiwan[1]

Tung-Ching Hsu[2], Wen-Jer Wu[2] and Liang-Yih Chou[3]

Abstract: This paper lists 2 families, 3 genera and 43 species of Taiwanese Mecoptera (Insecta). References, synonyms, collecting localities and Chinese names are also included. Besides, the recorded localities of two species, *Neopanorpa formosensis* Navás and *Panorpa lachlani* Navás, may be a mistake in original description, and probably belong to Japan.

Key words: Mecoptera, checklist, Taiwan.

Family BITTACIDAE 蚊蠍蛉科
Genus *Bittacus* Latreille 蚊蠍蛉屬

Bittacus chujoi Issiki & Cheng 中條蚊蠍蛉

Bittacus chujoi Issiki & Cheng, 1947: 14. - Penny and Byers, 1979: 367.

Distribution: Taiwan (Fushan (= Rimogan)).

Bittacus formosanus Issiki 蓬萊蚊蠍蛉

Bittacus formosanus Issiki, 1927: 10. - Penny and Byers, 1979: 368.

Distribution: Taiwan (Taping (= Taipin), Hsiaolin (= Kobayashi), Shuili (= Suiriko), Lienhuachih (= Rengechi)).

Bittacus maculatus Issiki 斑紋蚊蠍蛉

Bittacus maculatus Issiki, 1927: 8. - Penny and Byers, 1979: 368.

Distribution: Taiwan (Henchun (= Koshun)).

Bittacus sonani Issiki 楚南蚊蠍蛉

Bittacus sonani Issiki, 1929b: 311. - Penny and Byers, 1979: 369.

Distribution: Taiwan (Sungkang (= Mt. Tattaka)).

Bittacus striatus Issiki 條紋蚊蠍蛉

Bittacus striatus Issiki, 1927: 9. - Penny and Byers, 1979: 369.

---

1. Contribution No. 1982 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Professors of the Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei, ROC.
3. Associate Entomologist of the Department of Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

Distribution: Taiwan (Hsiaolin (= Kobayashi), Taping (= Taipin)).

Family PANORPIDAE 蠍蛉科
Genus *Neopanorpa* Weele 新蠍蛉屬

Neopanorpa dispar Issiki & Cheng 翅端新蠍蛉

Neopanorpa dispar Issiki & Cheng, 1947: 12. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 374.

Distribution: Taiwan (Chaojih (= Asahi), Fushan (= Rimogan)).

Neopanorpa formosana (Navás) 臺灣新蠍蛉

Campodotecnum formosanum Navás, 1911: 114.

Panorpa formosana (Navás): Esben-Petersen, 1912: 198. - Miyake, 1913: 345.

Neopanorpa formosana (Navás): Esben-Petersen, 1915: 227. - Issiki & Cheng, 1947: 13. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 374.

Distribution: Taiwan (Lienhuachih (= Rengeji), Tainan, Talin (Taihorin), Wushe (= Musha)).

Neopanorpa formosensis Navás 蓬萊新蠍蛉

Neopanorpa formosensis Navás, 1930: 430. - Penny and Byers, 1979: 374.

Distribution: Taiwan (Hayakawa).

Remarks: This species was described from Taiwan, however, the locality recorded in Navás (1930) maybe belong to Japan.

Neopanorpa gradana Cheng 小新蠍蛉

Neopanorpa gradana Cheng, 1952: 92. - Penny and Byers, 1979: 374.

Distribution: Taiwan (Hualien (= Karenko)).

Neopanorpa k-maculata Cheng K 紋新蠍蛉

Neopanorpa k-maculata Cheng, 1952: 90. - Penny and Byers, 1979: 375.

Distribution: Taiwan (Tashulin).

Neopanorpa magna Issiki 大新蠍蛉

Neopanorpa magna Issiki, 1927: 7. - Issiki & Cheng, 1947: 14. - Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 375.

Distribution: Taiwan (Alishan (= Arisan), Fenchifu (= Funkiko), Nanshantsun (= Pianan), Sungkang (= Tattaka), Yushih (= Miharashi)).

Neopanorpa makii Issiki 牧氏新蠍蛉

Neopanorpa makii Issiki, 1927: 6. - Issiki & Cheng, 1947: 14. - Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 375.

Distribution: Taiwan (Alishan (= Arisan), Fenchifu (= Funkiko), Puli (= Hori), Wushe (= Musha), Yushih (= Miharashi)).

Neopanorpa sauteri (Esben-Petersen) 紹德新蠍蛉

Panorpa sauteri Esben-Petersen, 1912: 197. - Miyake, 1913: 346.

Neopanorpa sauteri (Esben-Petersen): Esben-Petersen, 1915: 227. - Issiki & Cheng, 1947: 13. - Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 375.

Distribution: Taiwan (Henchun (= Koshun), Laiye (= Raisha)).

Genus *Panorpa* Linnaeus 蠍蛉屬

Panorpa akasakai Issiki 赤坂蠍蛉

Panorpa akasakai Issiki, 1929b: 291. - Issiki & Cheng, 1947: 8. - Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 376.

Distribution: Taiwan (Alishan (= Arisan), Bokyozan, Paikou (= Hakko), Shihtyutsun (= Jujiro)).

Panorpa angustistriata Issiki 窄紋蠍蛉

Panorpa angustistriata Issiki, 1929b: 270. - Issiki & Cheng, 1947: 8. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 376.

Distribution: Taiwan (Tungnunkao (= Higashinoko)).

Panorpa apiconebulosa Issiki 端黑蠍蛉

Panorpa apiconebulosa Issiki, 1929b: 287. - Issiki & Cheng, 1947: 9. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 376.

Distribution: Taiwan (Hualien (= Karenko), Tungnunkao (= Higashinoko)).

Panorpa bistriata Issiki 雙紋蠍蛉

Panorpa bistriata Issiki, 1929b: 265. - Issiki & Cheng, 1947: 10. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 376.

Distribution: Taiwan (Mt. Guntaisan, Meifeng (= Mt. Sankakuho), Sungkang (= Mt. Tattaka)).

Panorpa brevititilana Issiki 短突蠍蛉

Panorpa brevititilana Issiki, 1929b: 293. - Issiki & Cheng, 1947: 9. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 376.

Distribution: Taiwan (Kiuhabon).

Panorpa bunun Issiki 布農蠍蛉

Panorpa bunun Issiki, 1929: 275. - Issiki & Cheng, 1947: 10. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 376.

Distribution: Taiwan (Mt. Guntaisan, Mt. Lantashan (= Mt. Rantaisan)).

Panorpa concolor Esben-Petersen 單色蠍蛉

Panorpa concolor Esben-Petersen, 1915: 220. - Esben-Petersen, 1921: 32. - Issiki, 1927: 4. - Penny and Byers, 1979: 377.

Distribution: Taiwan (Puli (= Hori), Anping).

Panorpa deceptor Esben-Petersen 斑蠍蛉

Panorpa deceptor Esben-Petersen, 1913: 263. - Issiki & Cheng, 1947: 8. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 377.

Distribution: Taiwan (Anping, Chiasien (= Kosempo), Hsiaolin (= Sokutsu), Talin (= Taihorin,

Taihorinsho)).

Panorpa esakii Issiki 江崎蠍蛉

Panorpa esakii Issiki, 1929b: 296. - Issiki & Cheng, 1947: 10. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 377.

Distribution: Taiwan (Alishan (= Arisan), Chusan (= Iwaiyama)).

Panorpa falsa Issiki & Cheng 僞蠍蛉

Panorpa falsa Issiki & Cheng, 1947: 2. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 377.

Distribution: Taiwan (Kueisan (= Kizan), Kungkuan (= Kokan), Shanglienpei, Shinten, Taipei (= Taihoku), Tatungshan (= Daitonsan)).

Panorpa hamata Issiki & Cheng 鉤蠍蛉

Panorpa hamata Issiki & Cheng, 1947: 3. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 378.

Distribution: Taiwan (Tungnunkao (= Higashinoko)).

Panorpa horiensis Issiki 埔里蠍蛉

Panorpa horiensis Issiki, 1929a: 189. - Issiki & Cheng, 1947: 11. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 378.

Distribution: Taiwan (Meifeng (= Sankakuho), Puli (= Hori, Horishia), Wushe (= Musha)).

Panorpa japonica Thunberg 日本蠍蛉

Panorpa japonica Thunberg: Navás, 1930: 429.

Distribution: Taiwan (Genjiyama)(?), Japan.

Panorpa issikii Penny & Byers 一色蠍蛉

Panorpa acuta Issiki & Cheng, 1947: 4. (not Carpenter, 1931) -Yie, 1951:6.

Panorpa issikii Penny & Byers, 1979: 378.

Distribution: Taiwan (Chuilu (= Suiroku), Tailuko (= Taroko valley)).

Panorpa lachlani Navás 拉氏蠍蛉

Panorpa lachlani Navás, 1930: 429. - Penny and Byers, 1979: 379.

Distribution: Taiwan (Genjiyama, Onsen, Ooyama).

Remarks: This species was described from Taiwan, however, the localities recorded in Navás (1930) maybe belong to Japan.

Panorpa lintienshana Cheng 林田山蠍蛉

Panorpa lintienshana Cheng, 1952: 89. - Penny and Byers, 1979: 379.

Distribution: Taiwan (Lintienshan).

Panorpa longiramina Issiki & Cheng 長側蠍蛉

Panorpa longiramina Issiki & Cheng, 1947: 6. -Yie, 1951:6. - Issiki, 1965: 245. - Penny and Byers, 1979: 379.

Distribution: Taiwan (Alishan (= Arisan), Lantasan (= Rantaisan), Puli (= Horishia), Taipingshan (=

Taiheisan), Tsuifeng (= Oiwake), Yushih (= Miharashi)).

Panorpa longititilana Issiki 長突蠍蛉

Panorpa longititilana Issiki, 1929b: 263. - Issiki & Cheng, 1947: 11. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 379.

Distribution: Taiwan (Lantashan (= Mt. Rantaisan)).

Panorpa nokoensis Issiki 能高蠍蛉

Panorpa nokoensis Issiki, 1929b: 261. - Issiki & Cheng, 1947: 11. —Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 379.

Distribution: Taiwan (Nengkao (= Noko), Ononu, Yushih (= Miharashi)).

Panorpa ochraceocauda Issiki 淡黃蠍蛉

Panorpa ochraceocauda Issiki, 1927: 3. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 379.

Distribution: Taiwan (Lantashan (= Mt. Rantaisan), Sungkang (= Tattaka)).

Panorpa ophthalmica (Navás) 細紋蠍蛉

Campodotecnum ophthalmicum Navás, 1911: 113. - Esben-Petersen, 1913: 265.

Panorpa ophthalmica (Navás): Miyake, 1913: 344. - Penny and Byers, 1979: 380.

Neopanorpa ophthalmica Navás: Navás, 1930: 430. - Esben-Petersen, 1915: 227. - Issiki & Cheng, 1947: 13.- Yie, 1951:6. - Issiki, 1965: 245.

Distribution: Taiwan (Chichi (= Chip Chip), Chitou (= Keito), Fengshan (= Hoozan), Kuanshan (= Alikang), Kueisan (= Kizan), Laiye (= Raisha), Lienhuachih (= Rengeji), Shuisheliao (= Suisharyo), Tainan, Talin (Taihorin, Taihorinsho), Wushe (= Musha)).

Panorpa pallidimaculata Issiki 淡紋蠍蛉

Panorpa pallidimaculata Issiki, 1929b: 286. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 380.

Distribution: Taiwan (Sungkang (=Mt. Tattaka), Mt. Guntaisan).

Panorpa pectinata Issiki, 1929 梳狀蠍蛉

Panorpa pectinata Issiki, 1929b: 267. - Issiki & Cheng, 1947: 8. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 380.

Distribution: Taiwan (Alishan (= Mt. Arisan), Mt. Guntaisan).

Panorpa peterseana Issiki 彼得蠍蛉

Panorpa peterseana Issiki, 1927: 2. - Issiki & Cheng, 1947: 11. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 380.

Distribution: Taiwan (Chinshuiying (= Shinsuiei), Kunanau, Lantashan (= Mt. Rantaisan), Tashulin (= Daijurin)).

Panorpa rantaisanensis Issiki 郡大山蠍蛉

Panorpa rantaisanensis Issiki, 1929b: 273. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 380.

Distribution: Taiwan (Lantashan (= Mt. Rantaisan)).

Panorpa shibatai Issiki 柴田蠍蛉

Panorpa shibatai Issiki, 1929b: 280. - Issiki & Cheng, 1947: 9. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 380.

Distribution: Taiwan (Alishan (= Mt. Arisan)).

Panorpa sonai Issiki 楚南蠍蛉

Panorpa sonai Issiki, 1929b: 282. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 380.

Distribution: Taiwan (Hsinmachia (= Makazayazaya)).

Panorpa taiheisanensis Issiki 太平山蠍蛉

Panorpa taiheisanensis Issiki, 1929a: 182. - Issiki & Cheng, 1947: 8. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 381.

Distribution: Taiwan (Taipingshan (= Mt. Taiheisan)).

Panorpa taiwanensis Issiki 臺灣蠍蛉

Panorpa taiwanensis Issiki, 1929b: 278. - Issiki & Cheng, 1947: 9. -Yie, 1951:6. - Issiki, 1965: 245. - Penny and Byers, 1979: 381.

Distribution: Taiwan (Alishan (= Mt. Arisan), Bokyozan, Lantashan (= Mt. Rantaisan), Tsuifeng (= Oiwake)).

Panorpa yiei Issiki & Cheng 易氏蠍蛉

Panorpa yiei Issiki & Cheng, 1947: 5. -Yie, 1951:6. - Penny and Byers, 1979: 381.

Distribution: Taiwan (Alishan (= Arisan)).

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to express our hearty thanks to Mr. Chun-Lin Li for information of the localities of *Neopanorpa formosensis* and *Panorpa lachlani*, to Mr. I. S. Hsu for providing some literature.

REFERENCES

1. Cheng, F. Y. 1952. Additions to the Mecopterous fauna of Formosa. Psyche 59(3): 89-95.
2. Esben-Petersen, P. 1912. H. Sauter's Formosa-Ausbeute: Neuroptera planipennia. Ent. Mitt. 1: 197-198.
3. Esben-Petersen, P. 1913. H. Sauter's Formosa-Ausbeute. Planipennia II, Megaloptera and Mecoptera. Ent. Mitt. 2: 222-228, 257-265.
4. Esben-Petersen, P. 1915. A synonymic list of the order Mecoptera together with descriptions of new species. Ent. Meddr. 10: 216-242.
5. Issiki, S. 1927. New and rare species of Mecoptera from Corea, Formosa and Japan. Ins. Matsum. 2: 1-12.
6. Issiki, S. 1929a. Descriptions of new species of the genus *Panorpa* from Japan and Formosa. J. Soc. Trop. Agric. 1: 182-191.
7. Issiki, S. 1929b. Descriptions of new Mecoptera from the Japanese Empire. Trans. Nat. Hist. Soc. Formosa 19: 260-314.
8. Issiki, S. 1965. Notes on some Mecoptera from Formosa. Spec. Bull. Lep. Soc. Jap. 1: 245.
9. Issiki, S., and F. Y. Cheng. 1947. Formosa Mecoptera with descriptions of new species. Mem. Coll. Agric.

Nat. Taiwan Univ. 1(4): 1-17.
10. Miyake, T. 1913. Studies on the Mecoptera of Japan. J. Coll. Agric. Tokyo Imp. Univ. 4: 265-400.
11. Navás, L. 1911. Névroptères nouveaux de l'extreme Orient. Russk. Ent. Obozr. 11: 111-117.
12. Navás, L. 1930. Insecta orientalia. VIII Series. Memorie Accad. pont. Nuovi Lincei. (Serie 2) 14: 419-434.
13. Penny, N. D., and G. W. Byers. 1979. A check-list of the Mecoptera of the world. Acta Amazonica 9(1): 365-388.
14. Yie, S. T. 1951. The biology of Formosan Panorpidae and morphology of eleven species of their immature stages. Mem. Coll. Agric. Nat. Taiwan Univ. 2(4): 1-111.

臺灣長翅目 (昆蟲綱) 名錄[1]

許洞慶[2] 吳文哲[2] 周樑鎰[3]

摘要：本名錄羅列臺灣產長翅目 2 科、3 屬、43 種之學名、中名、文獻、異名及採集地等。但是 *Neopanorpa formosensis* Navás 與 *Panorpa lachlani* Navás 也許是分布於日本的種類。

關鍵詞：長翅目、名錄、臺灣。

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1982 號。
2. 國立臺灣大學昆蟲學系教授、教授。臺北市。
3. 本所應用動物系副研究員。臺灣省　臺中縣　霧蜂鄉。

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）48(2)：156～168（1999）

蜂王漿離心分離之研究[1]

陸龍虎[2]　吳登楨[3]　梁連勝[2]　蔡致榮[2]

摘要：蜂王漿是用來餵飼和培育蜂王，亦可供人類食用，被視爲保健食品，其營養比蜂蜜高很多。惟其生產過程相當繁瑣，生產效率相當低，故生產成本偏高。目前本省採漿作業都以人工爲之，尙無機械可資利用。因此，自行研製蜂王漿採收機加速機械化採漿，以降低生產成本，提高蜂王漿品質，並增加養蜂之收益，實爲當務之急。本研究歷經一年，分別完成離心式蜂王漿採收雛型機之研製，並完成其性能之測試。據試驗結果顯示：該機使用 1/2PS、110V 交流馬達，並以網目 0.608mm 幼蟲攔截網（線徑 0.45mm，24 目/吋）與迴轉數 1750 rpm 作業，其採漿後幼蟲分離攔截網上附著之蜂王漿殘留量佔總重之 0.73 %，王杯內蜂王漿之殘留量爲總重之 1.59 %，幼蟲損傷佔總幼蟲數之 1.45%；使用此採收機在不計算採收後刮漿時間之情況下，9.42 分鐘可完成 51 組王台條之採漿作業全程，與相同數量王台條之人工採漿作業需時 74.8 分相較，其省工效果極爲顯著。

關鍵詞：蜜蜂、蜂王漿、離心分離機、分離。

前　言

蜂王漿 (蜂乳) 是由工蜂下咽喉腺及大顎腺中分泌出來的一種乳白色或淡黃色含甜、辣、澀與酸味的粘稠狀液體，有特殊芳香氣味，用來餵飼和培育蜂王，亦是女王蜂產卵時不可或缺的食物，亦可供人類食用，被視爲一種高貴的健康食品，其營養比蜂蜜高很多。蜂王漿含有豐富營養成分，主要成分爲：糖類、多種氨基酸和蛋白質、脂肪 (其中特殊脂肪酸 E-羥基-Δ2-癸烯酸含量高)、維生素 (以 B 族爲主，其次爲 A)、葉酸、泛酸、肌醇、類似乙醯膽鹼物質 (腺嘌呤核甘酸類似物) 與促性腺激素樣物質等[5]。

十二年來本省蜂王漿年產量變化如圖 1 所示[2]，於民國七十八年隨著蜂農戶數遽減後，蜂王漿產量不減反增；但於民國八十三年年產量卻由每年約 300 公噸遽減至目前約 100 公噸，其中除部份內銷消費外，主要供外銷日本，是本省養蜂業者重要收入之一。一年中蜂王漿生產季節長達九個月，生產過程可分爲移蟲與取漿二部分，移蟲入王杯內約三日後再行取漿，所有生產過程目前仍完全依賴人工來完成。取漿時先將幼蟲予以夾除，再由王杯內一點一點地挖出蜂王漿，其過程相當繁瑣，費時費工，致使生產成本居高不下。

---

1. 台灣省農業試驗所研　究報告第 1983 號。
2. 本所農業工程系助理研究員、研究員兼系主任、副研究員(通訊作者，e-mail: jrtsay@wufeng.tari.gov.tw)。
   臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 苗栗區農業改良場副研究員兼課長。臺灣省　苗栗縣　公館鄉。

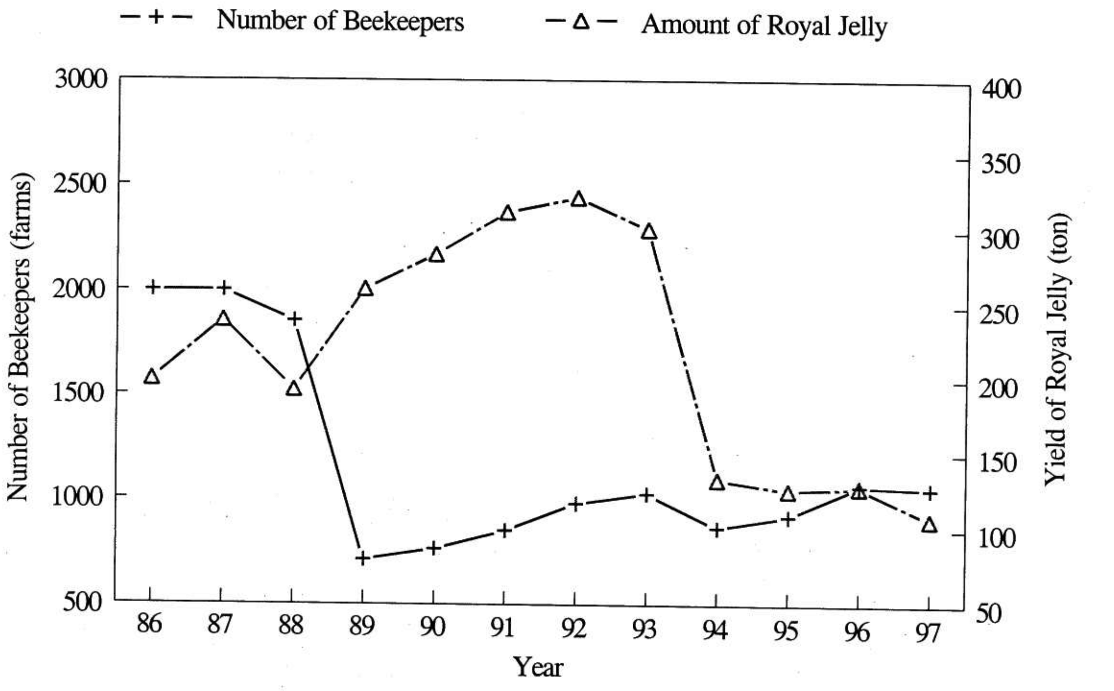


圖 1. 近十二年來本省蜂王漿年產量變化。

Fig. 1. Annual production of royal jelly from 1986 to 1997 in Taiwan.

有關機械採漿之前人研究，在大陸有吳氏等 (3) 研究以加熱方式使壓力鍋產生蒸氣，利用蒸氣負壓原理吸取王杯內之王漿；袁氏 (4) 因考慮在野外採漿之需求，研究以踩動活塞幫浦，產生負壓方式的腳踏式王漿抽吸器，此二種抽吸式採漿器雖已有節省人工效果，但因在取漿前，王杯內之幼蟲仍需以人工方式夾除，所需人工仍多；楊氏 (6) 改以離心方式來分離王杯內之王漿，以人力搖動，設計上利用採漿框轉籃及幼蟲分離轉籃同步轉動產生離心力，可避免傷及幼蟲並免除先以人工夾除幼蟲之手續，使工作效率大幅提升；方氏等 (1) 參考楊氏機型之原理，改為電動式王漿分離機，使效率更加提高。至於國內有關機械採漿之研究仍付之闕如，目前仍停留在完全倚賴人工之階段，未見引進適用機型進行試用、研究或自行研發。因此，研製省工、高效率之蜂王漿採收機，以節省人工並降低生產成本，實為當務之急。為達上述目的，本研究旨在研製電動離心式蜂王漿採收機，以機械化作業取代人工採漿，並進行相關操作參數之較佳化探討。

材料與方法

一、**試驗設備**：電動離心式蜂王漿採收雛型機乙部、電子天平乙部(Mettler PE3000 型，精度 0.01g)、計時碼錶與游標卡尺等，其中蜂王漿採收雛型機具有四種不同大小網目之幼蟲分離攔截網，分別為 0.608mm（線徑 0.45mm，24 目/吋）、0.658mm（線徑 0.40mm，24 目/吋）、0.708mm（線徑 0.35mm，24 目/吋）與 0.720mm（線徑 0.55mm，20 目/吋)，以及調整王台條迴轉數(1360、1530、1750 與 2040 rpm)用之四個皮帶輪。

二、**供試材料**：為測試蜂王漿採收雛型機採漿之作業性能，將移蟲後第三天內含蜂王漿與蜂王幼蟲之王台條，由採漿框取下並以人工去除王台壁蜂蠟後備用。為配合機械作業，所使用之王台條如圖

2 所示，係由一塑膠條上排放 34 個王杯，一體成型所製成，其尺寸爲長 421 mm、寬 12mm 與高 18.5mm。

三、**試驗地點**：本所工廠及竹山、名間等養蜂場。

四、**試驗設計與資料分析**：以自行研製完成之電動離心式蜂王漿採收雛型機進行相關操作參數之較佳化探討，冀以找出最佳性能之機械作業條件。爲減少試驗所需材料與時間，本研究之試驗分兩階段進行，第一階段探討採漿機迴轉數與幼虫分離攔截網之網目大小對蜂王漿殘留損失與幼蟲損傷之影響，其中兩獨立變數各有四位準；第二階段則進一步探討兩較佳採漿機迴轉數與四離心作業時間對蜂王漿殘留損失與幼蟲損傷之影響。試驗所得數據經計算後以統計繪圖系統(STATGRAPHICS ®, Statistical Graphics Corp.)之多因子變方分析(multifactor analysis of variance) [7] 加以處理並解釋於結果與討論部份。

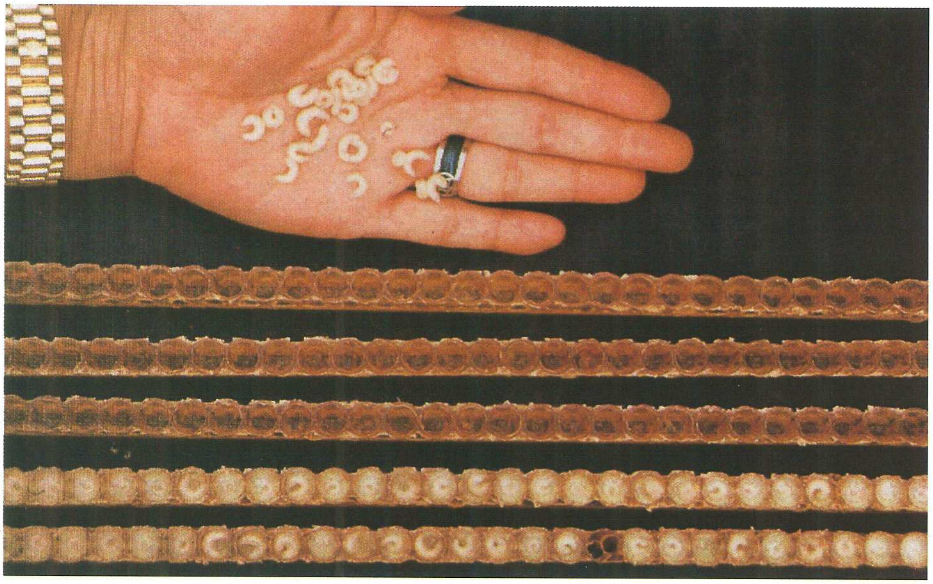


圖 2. 蜂王幼蟲與採漿前後之王台條。

Fig. 2. Holder strips of royal jelly and larvae before and after centrifugating operation.

結果與討論

一、採漿時期蜂王幼蟲之尺寸

爲有效設計幼虫分離攔截網之網目大小，採漿時期幼蟲之尺寸分佈將提供有用之參考，經調查採漿時期幼蟲直徑與長度之三維度分佈情形如圖 3 所示，就幼蟲直徑而言，平均值爲 2.02 mm，標準偏差爲 0.42 mm，最小值爲 1.3 mm，最大值爲 3.8 mm，變異係數爲 20.77%；就幼蟲長度而言，平均值爲 9.35 mm，標準偏差爲 1.54 mm，最小值爲 6.4 mm，最大值爲 14 mm，變異係數爲 16.53%。由圖 3 可知，採漿時期蜂王幼蟲之直徑與長度並非十分均一，其可能是幼蟲生長差異或移蟲技術不夠精良所

致，値得進一步加以探討。尤其，蜂王幼蟲直徑在 1.5 mm 以下者佔總數約 20%，很可能是採漿後幼蟲損傷主要原因之一，而在蜂王幼蟲分離攔截網網目大小之選擇，爲顧及離心旋轉採漿時蟲體將因離心力作用而撓性變形，本研究採用網目大小從 0.608 mm 至 0.72 mm 之蜂王幼蟲分離攔截網應屬適當之選擇。

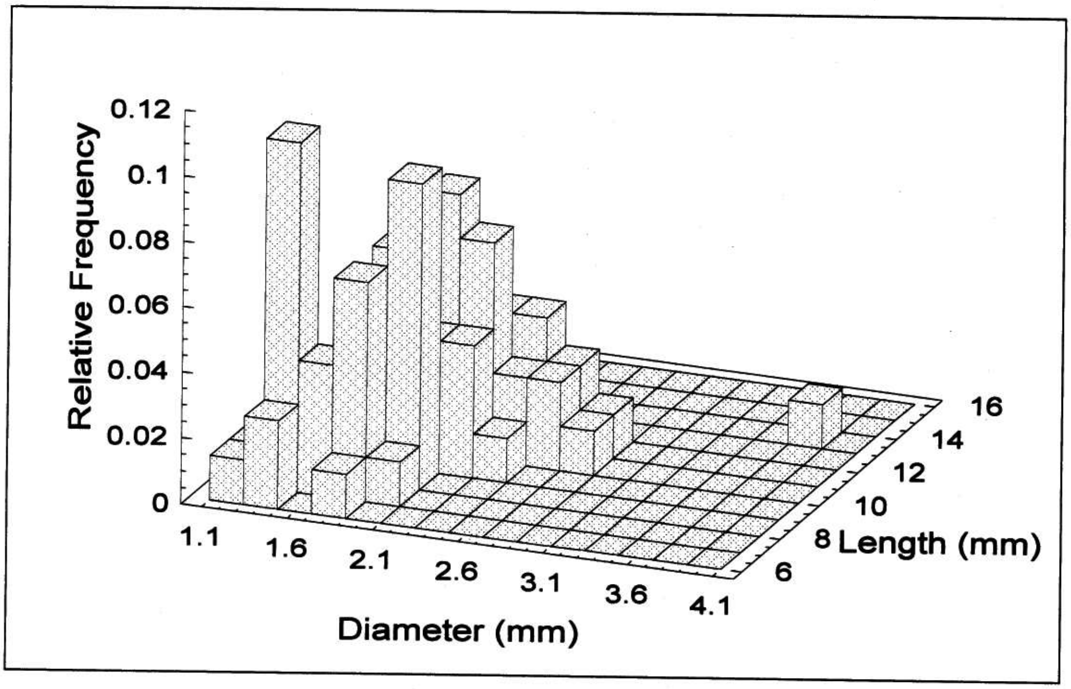


圖 3. 採漿時期蜂王幼蟲尺寸之三維度分佈。

Fig. 3. Three-D histogram of larva dimension at centrifugating period.

二、離心式蜂王漿採收離型機之研製

離心式蜂王漿採收離型機其長 630mm、寬 440mm、高 809mm、重 48.42 公斤，主要由動力源、機座（底座）、驅動軸系、蜂王漿收集筒、王台條旋轉架、蜂王幼蟲分離攔截網、王台條及幼蟲分離攔截網之固定環、筒蓋與刮漿板等組成，其詳細說明如下：

㈠動力源(1)：使用交流電電壓 110/220V、1/2PS（轉速 1750 rpm）之東元牌馬達爲動力。

㈡機座(2)：以厚度 5mm、外徑 397 mm之不銹鋼板，其外圍焊製厚 1.5mm、高 50mm之不銹鋼板爲底座，底座下方備有四個支撐腳，離地 120mm。

㈢驅動軸系(3)：由不銹鋼軸架（∮48X494mm）、軸架內之滾珠軸承（6004zz 兩個）、軸架外之導引滾珠軸承（6010z 壹個）、軸架固定座（∮138.5X4.5mm）、驅動軸（∮20X640mm）、驅動盤（∮71X4.5mm）與驅動盤耳（∮6X15mm 兩支、中心距 56.5mm）等所組成。爲應試驗之需，另備有調整王台條迴轉數用之皮帶輪四個，其可使此蜂王漿採收機具有 1360、1530、1750 與 2040 rpm 之迴轉數。

圖 4. 蜂王漿採收離型機之分解組件。
Fig. 4. Components of the centrifugator of royal jelly.

㈣蜂王漿收集筒(4)：由內徑 387mm、高度 620mm、厚度 1.5mm 之不銹鋼板組成，係供承接及收集經旋轉分離之蜂王漿。

㈤王台條旋轉架(5)：外徑 275mm、內徑 239mm、高度 415mm，由上、下兩端焊製Ω字型之固定夾及中空方形環各 51 組與驅動盤孔（∮6X5mm-2、中心距 56.5mm）組成，係供安放王台條及承接驅動軸系之動力。

㈥固定環(6)：由內徑 252～275mm、直徑 6mm 之不銹鋼圓棒組成，係用以固定王台條及蜂王幼蟲分離攔截網。

㈦幼蟲分離攔截網(7)：外徑 320mm，高度 436mm，由不銹鋼網組成，係用以承接幼蟲並分離蜂王漿。為應試驗之需，製有不同網目大小之幼蟲分離攔截網四個，其網目分別為 0.608mm（線徑 0.45mm，24 目/吋）、0.658mm（線徑 0.40mm，24 目/吋）、0.708mm（線徑 0.35mm，24 目/吋）與 0.720mm（線徑 0.55mm，20 目/吋）。

㈧筒蓋(8)：係由厚度 1.5mm、外徑 406mm 之不銹鋼板製成，可防止蜂王漿向外飛濺並確保作業安全。

三、蜂王漿採收離型機之機械性能測試

蜂王漿採收機機械性能是否良好，以採漿後幼蟲分離攔截網上附著之蜂王漿殘留量、王杯內蜂王漿之殘留量、幼蟲損傷程度以及工作能力為主要評估指標。因此，將影響損失及作業能力之主要因子(含採漿機之迴轉數、幼虫分離網之網目大小與採漿離心作業時間)進行相關試驗調查，其試驗結果敘述及討論如后：

㈠不同網目大小與迴轉數下之損失試驗(第一階段)

以 0.608 mm（線徑 0.45 mm，24 目/吋）、0.658 mm（線徑 0.40 mm，24 目/吋）、0.708 mm（線徑 0.35 mm，24 目/吋）與 0.720 mm（線徑 0.55 mm，20 目/吋）等四種網目大小不同之幼蟲離心攔截網，配合 1360、1530、1750 與 2040 rpm 四種迴轉數，進行五重複之蜂王幼蟲與蜂王漿之分離取漿作業（採漿離心時間 60 秒），分別調查採漿後幼蟲分離攔截網上附著之蜂王漿殘留量、王杯內蜂王漿之殘留量與幼蟲之損傷(採漿期間幼蟲極其纖弱，凡有體態異常變形或體液因損傷而外流現象者即判定爲損傷)，其結果如表 1 所示，其中 ROS 係分離網上蜂王漿殘留比率，代表幼蟲分離攔截網上蜂王漿殘留量相對於該次作業蜂王漿總重之百分比値；RIH 係王杯內蜂王漿殘留比率，代表王杯內蜂王漿殘留量相對於該次作業蜂王漿總重之百分比値；而 PODL 係蜂王幼蟲損傷比率，代表幼蟲損傷隻數佔該次作業總幼蟲隻數之百分比値。

表 1. 不同網目大小與迴轉數下之採漿性能

Table 1. Performance result of the centrifugating operation at various screen sizes and rotating speeds

Screen Size (mm)	Rotating Speed (rpm) 1360			1530			1750			2040		
	ROS[z]	RIH[y]	PODL[x]	ROS	RIH	PODL	ROS	RIH	PODL	ROS	RIH	PODL
0.608	0.31	2.74	1.09	0.72	2.02	0	0	1.31	1.3	1.1	1.11	0
	0.96	2.22	2.2	0.95	1.85	1.02	0.73	0.71	1.09	1.07	0.49	0
	1.07	2.94	1.06	1.51	1.74	4.08	0.79	1.34	1.09	3.14	0.79	0
	1	3.3	1.04	0.75	1.7	0	0.25	3.93	0	0.68	0.78	30.85
	0.85	2.01	4.12	0.77	1.76	6.49	0.2	1.98	0	0.59	1.04	14.12
	0.84[w]	***2.64***	***1.90***	***0.94***	***1.81***	***2.32***	***0.39***	***1.85***	***0.70***	***1.32***	***0.84***	***8.99***
0.658	1.47	1.68	2.17	0.19	1.75	0	0.61	1.67	0	3.21	1.06	1.12
	1.25	3.5	1.03	0.59	2.06	1.14	0.55	1.38	2.27	1.17	1.25	11.69
	1.33	2.66	1.06	1.56	0.96	0	1.06	2.1	0	1.31	1.18	14.67
	0.74	2.68	3.19	0.41	1.24	3.16	0.77	1.75	3.33	0.54	1.3	0
	0.92	2.27	0	1.13	1.96	1.11	0.82	1.75	2.27	0.95	0.95	17.63
	1.14	***2.56***	***1.49***	***0.78***	***1.59***	***1.08***	***0.76***	***1.73***	***1.57***	***1.44***	***1.15***	***9.02***
0.708	1.04	2.23	4.21	0.83	1.33	2.04	1.31	1.7	3.41	0.46	1.08	9.30
	0.7	2.6	0	0.73	1.02	0	0.87	1.25	0	0.54	0.91	2.30
	1.27	1.54	3.06	1.23	1.38	2.13	0.98	2.01	1.18	0.91	0.75	2.63
	0.32	2.36	2.11	0.59	1.4	5.32	0.68	1.75	2.11	0.63	0.71	7.87
	0.99	2.77	1.05	1.13	1.44	3.61	1.13	2.47	1.30	0.34	0.9	5.10
	0.86	***2.30***	***2.09***	***0.90***	***1.31***	***2.62***	***0.99***	***1.84***	***1.60***	***0.58***	***0.87***	***5.44***
0.720	1.39	2.18	7	0.69	2.12	13.64	0.83	1.9	10.53	0.54	1.3	4.17
	0.69	1.84	2.22	1.29	2.65	3.33	0.61	1.53	9.57	0.8	1.05	11.70
	0.7	1.66	6.25	4.73	2.48	35.87	0.75	1.2	3.19	0	1.07	0.07
	0.93	1.14	10.64	0.38	1.74	12.09	1.24	1.59	6.74	0.2	0.87	2.06
	0.74	1.6	2.17	0.42	1.52	2.20	0.61	1.79	7.78	0.37	0.84	11.11
	0.89	***1.68***	***5.66***	***1.50***	***2.10***	***13.43***	***0.81***	***1.60***	***7.56***	***0.38***	***1.03***	***5.82***

[z] ROS-Residue On Screen (%)

[y] RIH-Residue In Holders (%)

[x] PODL-Percentage OF Damaged Larvae(%)

[w] Values written in Bold and Italic are the aveage for corresponding screen size and rotating speed.

爲探討採漿機幼蟲分離攔截網網目大小與迴轉數對分離網上蜂王漿殘留比率、王杯內蜂王漿殘留比率與幼蟲損傷比率之影響，統計軟體 STATGRAPHICS 被使用以進行 95%信賴水準具交感作用之多因子變方分析，其結果摘要列於表 2 中。表 2 之變方分析結果顯示，就分離網上蜂王漿殘留比率而言，採漿機幼蟲分離攔截網網目大小與迴轉數並無顯著之主要與交感影響，由平均值 0.91%、標準偏差 0.67%之分離網上蜂王漿殘留比率可知，其可能因爲離心迴轉下蜂王漿本來就難以附著於分離攔截網上，因此並不能因不同之處理而有顯著之差異反應，此種結果亦闡明使用此離心採漿機可以不必在意蜂王漿於幼蟲分離攔截網上之極少量殘留。

表 2. 變方分析結果摘要

Table 2. Summary of ANOVA results for ROS, RIH and PODL

Analyzed Variables	Significant[z] Main Effects	Significant Interactions
ROS	NO	NO
RIH	Rotating Speed[y]	Screen Size, Rotating Speed
PODL	Screen Size, Rotating Speed	NO

[z] Significant (Sig. level is less than 5%)
[y] Extremely significant factor (Sig. level is less than 1%).

表 2 之變方分析結果顯示採漿機迴轉數對於王杯內蜂王漿殘留比率有極顯著之主要影響，此影響可由圖 5 王杯內蜂王漿殘留比率 95%信賴區間之平均值圖明顯看出，隨著採漿機迴轉數之提高王杯內

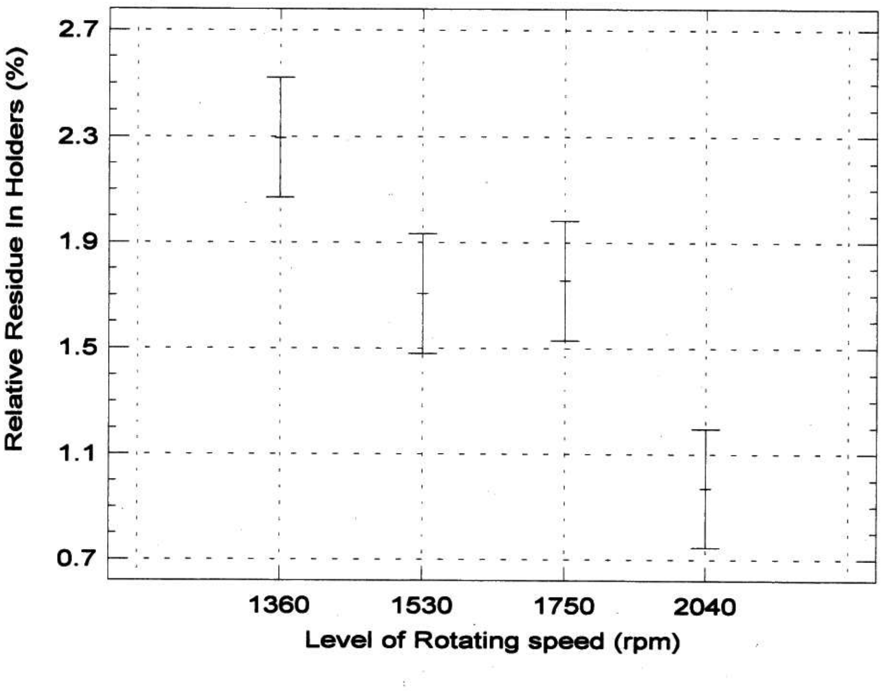


圖 5. 王杯內蜂王漿殘留比率 95%信賴區間之平均值圖。

Fig. 5. Mean plot (95% confidence intervals) of relative residue in holders for four levels of rotating speeds.

蜂王漿殘留比率相對地降低，基於 Duncan 多重範圍分析(multiple range analysis)，本試驗所採用四位準迴轉數可被區分爲三群，最低轉數(1360 rpm)之作業具有最高之王杯內蜂王漿殘留比率，相反地，最高轉數(2040 rpm)之作業則具有最低之王杯內蜂王漿殘留比率，而轉數 1530 與 1750 rpm 之王杯內蜂王漿殘留比率則難以區分而被視爲同一群，介於最高與最低轉數兩群之間。值得一提而必需注意的是雖然最高轉數(2040 rpm)之作業具有最低之王杯內蜂王漿殘留比率，但是作業中因高速離心力作用偶有王台條斷裂之情形產生，因此，事實上較佳之採漿機迴轉數應屬介於最低與最高轉數間之 1530 與 1750 rpm。

表 2 之變方分析結果同時顯示就王杯內蜂王漿殘留比率而言，幼蟲分離攔截網網目大小與採漿機迴轉數亦有顯著之交感影響，其交感作用之情形如圖 6 所示，從此交感作用圖可清楚看出其變化趨勢大致跟隨著前一段所述採漿機迴轉數(主要影響因子)之影響而變化，然而隨著幼蟲分離攔截網網目大小交感影響之導入，在採漿機較低迴轉數(1360 與 1530rpm)時王杯內蜂王漿殘留比率係與幼蟲分離攔截網網目大小成反比變化，惟於幼蟲分離攔截網網目爲 0.72mm 與採漿迴轉數爲 1530rpm 時有例外情形產生，其可能因試驗時人爲採樣不愼或同時使用新舊王台條所致，值得未來進一步探究；而當採漿迴轉數高達 1750rpm 以上時，王杯內蜂王漿殘留比率基本上差異都不大，且因高轉數之影響大增而使幼蟲分離攔截網網目大小之交感影響糾纏不清而難有清楚之變化趨勢。

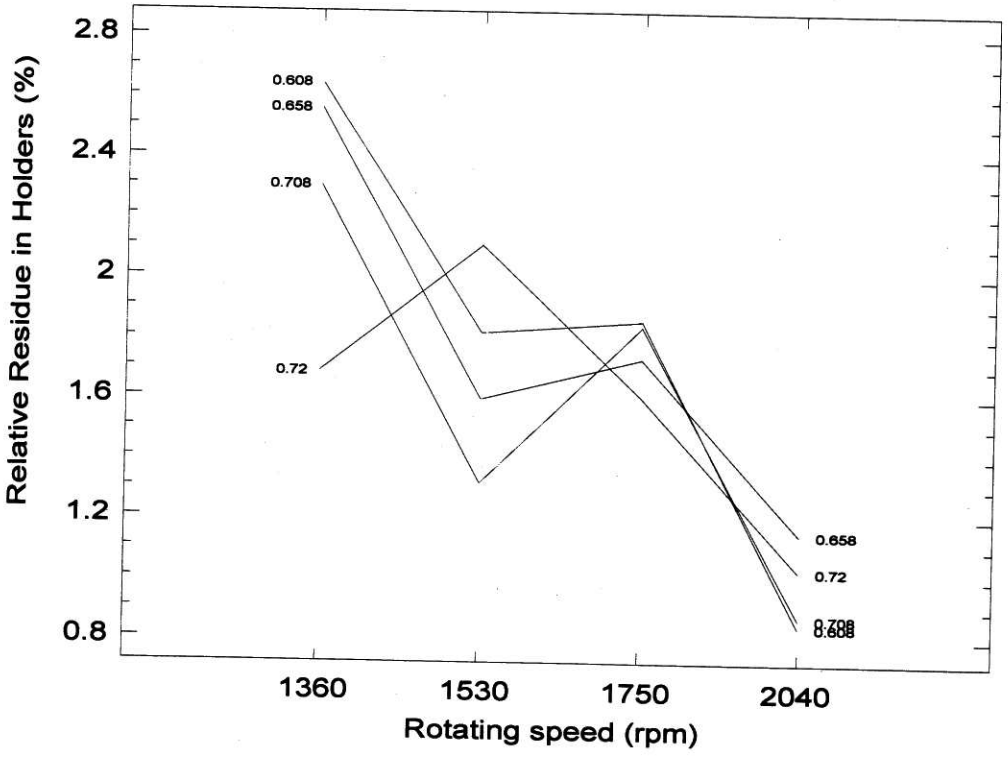


圖 6. 幼蟲分離攔截網網目大小與採漿迴轉數對王杯內蜂王漿殘留比率之交感作用。

Fig. 6. Interactions for screen sizes by rotating speeds for relative residue of royal jelly in holders.

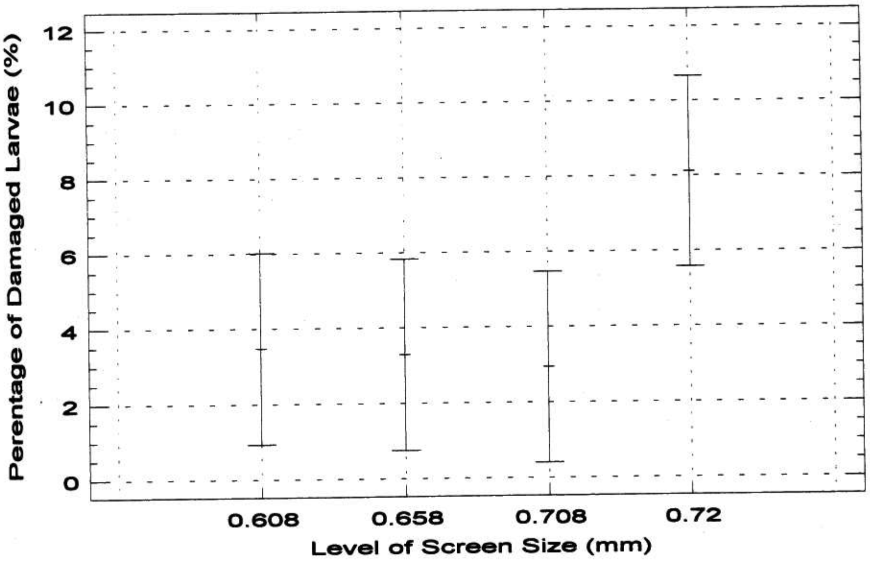


圖 7. 不同網目大小下蜂王幼蟲損傷比率 95%信賴區間之平均值圖。

Fig. 7. Mean plot (95% confidence intervals) of the percentage of damaged larvae for the four levels of screen sizes.

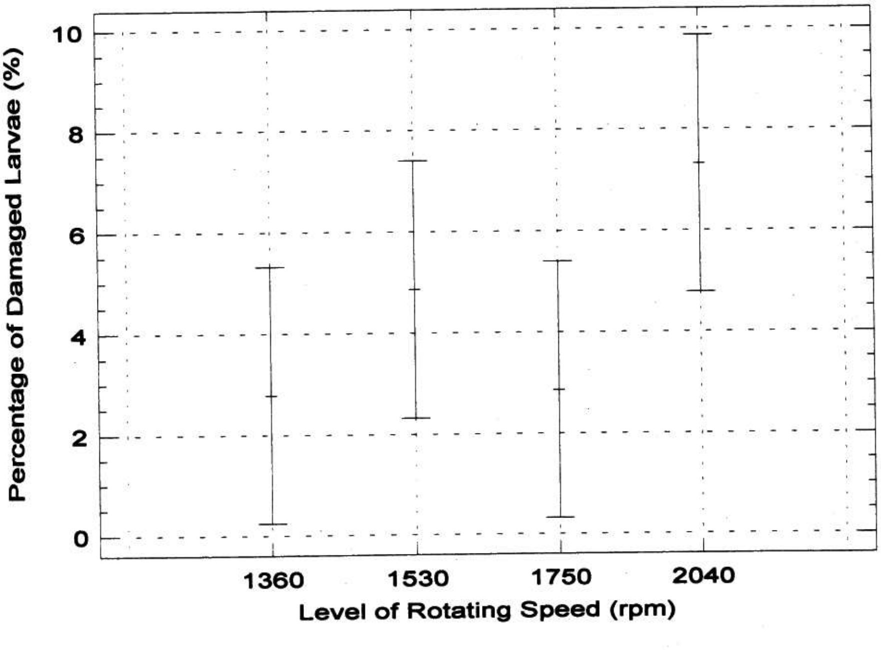


圖 8. 不同採漿迴轉數下蜂王幼蟲損傷比率 95%信賴區間之平均值圖。

Fig. 8. Mean plot (95% confidence intervals) of the percentage of damaged larvae for the four levels of rotating speeds.

表 2 變方分析結果亦顯示就蜂王幼蟲損傷比率而言，採漿機幼蟲分離攔截網網目大小與採漿迴轉數均有顯著之影響但無交感作用，此影響可由圖 7 與圖 8 就不同網目大小與採漿迴轉數下幼蟲損傷比率 95%信賴區間之平均值圖明顯看出。圖 7 中，隨著採漿機幼蟲分離攔截網網目大小之增加蜂王幼蟲損傷比率亦隨之提高，基於 Duncan 多重範圍分析，本試驗所採用四位準網目大小可被區分為二群，採漿機使用網目 0.608、0.658 與 0.708 mm 之幼蟲損傷比率難以區分而被視為較佳之一群，而另一群使用網目 0.72 mm 者則有較高之幼蟲損傷比率。圖 8 中，隨著採漿機迴轉數之增加蜂王幼蟲損傷比率亦隨之提高，基於 Duncan 多重範圍分析，本試驗所採用四位準迴轉數可被區分為二群，採漿機使用迴轉數 1360、1530 與 1750 rpm 之幼蟲損傷比率難以區分而被視為較佳之一群，而另一群使用迴轉數 1530 與 2040rpm 者則有較高之幼蟲損傷比率，值得注意的是迴轉數 1530 rpm 同時列於此兩群中。由此分析可知，為避免因幼蟲損傷造成蜂王乳品質低落，不可使用網目大小為 0.72 mm 之幼蟲分離攔截網與 2040 rpm 之採漿迴轉數。

綜合上述討論，使用本研究所研製之蜂王漿採收機，為減少王杯內蜂王漿之殘留與蜂王幼蟲之損傷，並確保王台條免於斷裂，較佳之操作參數可由 1530 與 1750rpm 之迴轉數，以及 0.608、0.658 與 0.708 mm 之分離攔截網網目中任意組配。

㈡不同採漿離心作業時間下之損失試驗(第二階段)

表 3. 不同採漿離心作業時間與迴轉數下之採漿性能
Table 3. Performance result of the centrifugating operation at various operating times and rotating speeds

Operating Time (sec)	Rotating Speed (rpm)					
	1530			1750		
	ROS[z]	RIH[y]	PODL[x]	ROS	RIH	PODL
15	1.2	2.2	1.06	0.52	2.25	2.08
	0.79	2.18	5.49	1.02	2.07	3.13
	0.84	1.57	2.08	1.15	2.13	1.02
	0.82	1.92	3.19	0.85	2.06	0
	0.86	1.71	2.13	0.38	2.31	0
	0.90	***1.92***	***2.79***	***0.78***	***2.16***	***1.25***
30	1.24	2.14	2.11	1.16	1.82	1.02
	0.84	2.14	4.65	1.47	1.83	0
	0.77	1.99	1.14	0.69	1.56	0
	0.48	1.75	2.2	0.19	2.48	0
	1.61	2.29	1.19	2.09	1.12	0
	0.99	***2.06***	***2.26***	***1.12***	***1.76***	***0.20***
45	1.1	2.56	6.58	0.18	1.73	7.69
	1.3	3.21	1	1.11	2.66	1.02
	0.82	1.92	0	0.4	1.86	0
	0.95	2.54	0	0.7	2.01	2.17
	0.37	2.96	0	0.92	2.32	0
	0.91	***2.64***	***1.52***	***0.66***	***2.12***	***2.18***
60	0.72	2.02	0	0	1.31	1.3
	0.95	1.85	1.02	0.73	0.71	1.09
	1.51	1.74	4.08	0.79	1.34	1.09
	1.75	1.7	0	0.25	3.93	0
	0.77	1.76	6.49	0.2	1.98	0
	1.14	***1.81***	***2.32***	***0.39***	***1.85***	***0.70***

[z] ROS-Residue On Screen (%)
[y] RIH-Residue In Holders (%)
[x] PODL-Percentage OF Damaged Larvae (%)
[w] Values written in Bold and Italic are the average for corresponding operating time and rotating speed.

爲進一步驗證迴轉數 1530 與 1750 rpm 是否眞無差異，並比較不同採漿離心作業時間下之損失反應，本研究第二階段之試驗以第一階段所得二種較佳迴轉數 1530 與 1750 rpm，以及 0.608 mm 之幼蟲離心攔截網網目，分別於 15、30、45 與 60 秒四種不同採漿離心時間下，進行五重複幼蟲與蜂王漿之分離取漿作業，其採漿後幼蟲分離攔截網上附著之蜂王漿殘留比率、王杯內蜂王漿殘留比率以及蜂王幼蟲之損傷比率等結果如表 3 所示。

在試驗分析方面，類似第一階段之統計分析也被使用以比較兩迴轉數與四採漿離心作業時間對採漿損失之影響，惟其結果指出此兩獨立變數對採漿後蜂王幼蟲分離攔截網上之蜂王漿殘留、王杯內蜂王漿殘留以及蜂王幼蟲損傷均無顯著之影響，此除再一次証實所使用兩迴轉數（1530 與 1750rpm）之採漿性能無分軒輊外，更指出 15 秒採漿離心作業時間已足以達成採漿作業需求，而與其他較長採漿離心作業時間無採漿性能上之差異，圖 9 摘要並繪製不同採漿離心作業時間下之採漿性能，其中各採漿性能項均以長條顯示其平均值並附以標準偏差棒，圖中很顯然地顯示各採漿性能平均值均小於 3%且各項不同位準間均難分軒輊。

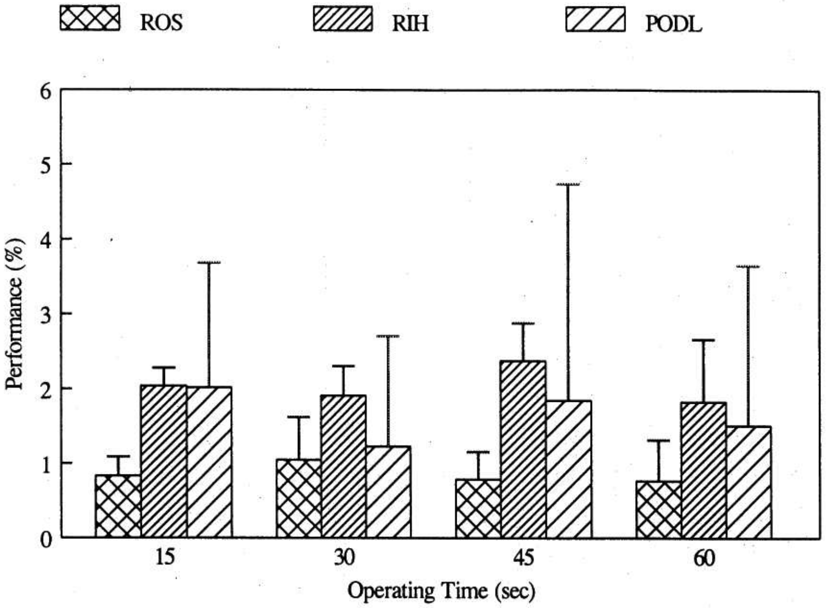


圖 9. 不同採漿離心作業時間之採漿性能。

Fig. 9. Performance of the centrifugator at various operating times.

㈢採漿作業能力

在探討分析較佳操作參數後，爲進一步了解使用本離心式蜂王漿採收機之採漿作業能力，以 1750 rpm 迴轉數、離心分離網網目 0.608mm 與離心作業時間 30 秒之參數組合，由一人操作該機進行全負載（51 組王台條）採漿作業，各採漿過程之工時分析如下：

1. 安放王台條（51 組）於王台條旋轉架上，其安放時間 4 分 41 秒。
2. 放置王台條旋轉架於驅動軸系之驅動盤耳上，其放置時間 1 分 28 秒。

3. 啓動馬達進行分離取漿作業，其作業時間 30 秒，作業後王台條旋轉架於不加制動情形下自然停止轉動，其等待時間爲 42 秒。

4. 卸下王台條旋轉架與拆下 51 組王台條，其拆卸時間 1 分 54 秒。

以上作業一次平均可分離攔截幼蟲 1629 隻，約可採漿 1074 克，其採漿後蜂王幼蟲分離攔截網上附著之蜂王漿殘留比率爲 0.73 %，王杯內蜂王漿之殘留比率爲 1.59 %，幼蟲之損傷比率爲 1.45 %；而使用此採收機在不計算採收後刮漿時間之情況下，9.42 分可以完成 51 組王台條之採漿作業，與相同數量王台條之人工採漿作業需時 74.8 分相較，顯然省工效果卓著。

結　論

一、本研究所完成蜂王漿採收雛型機經設計、製造、組裝與測試，事實上已達基本功能要求，未來商品機之設計除簡化機構與美化機型以提升商品價值外，更需增加計時與自動刹車功能，以加強該機使用之方便性。

二、本研究較佳操作參數之探討得知，爲減少蜂王漿殘留與幼蟲損傷，並確保王台條免於斷裂，以 1530 或 1750 rpm 之迴轉數，配合 0.608、0.658 或 0.708 mm 之分離攔截網網目，作 15 秒以上之離心採漿作業，可得較佳作業性能。

三、該機以 0.608mm 之幼蟲離心攔截網網目，於 1750 rpm 之迴轉數下離心作業 30 秒，其採漿後幼蟲分離攔截網上蜂王漿殘留比率爲 0.73 %，王杯內蜂王漿殘留比率爲 1.59 %，幼蟲損傷比率爲 1.45 %；使用此採收機在不計算採收後刮漿時間之情況下，在 9.42 分鐘內完成 51 組王台條之採漿作業，與相同數量王台條之人工採漿作業需時 74.8 分相較，顯然省工效果卓著。

誌　謝

本研究承蒙行政院農業委員會 88 科技-1.1-糧-01（23）計畫補助經費，以及竹山鎮蜂農張峰淵先生提供試驗材料始得以完成，謹此誌謝。

引用文獻

1. 方文富、侯光珊、李傳東、彭文君。1996。FWF 型電動蜂王漿分離機之研製。蜜蜂雜誌月刊 (12)：3-4。
2. 臺灣農業年報。1998。87：175。臺灣省政府農林廳編印，臺灣，南投。
3. 吳本熙、謝代癸、崔元恒。1979。FJX-1 型蜂王漿抽吸器。中國養蜂 (1)：21。
4. 袁長銀。1981。JWX-1 型腳踏式蜂王漿抽吸器。中國養蜂 (2)：23-28。
5. 章加寶。1995。蜂王漿生產與應用。臺灣省蠶蜂業改良場編印。
6. 楊多福。1990。生產蜂王漿機械化。蜜蜂雜誌月刊 (7)：22-25。
7. STSC, Inc. 1991. STATGRAPHICS Reference Manual. Version 5 STSC, Inc., Maryland, U.S.A.

Studies on the Centrifugal Separation of Royal Jelly[1]

Lung-Hu Lu[2], Teng-Chen Wu[3], Lien-Sheng Liang[2] and Jyh-Rong Tsay[2]

Summary

With more nutrient contents than honey, royal jelly is regarded as an especially healthy food. Separation of royal jelly from larvae is a difficult, labor intensive process. However, production of royal jelly in Taiwan still relies completely on time-consuming, manual production. The objective of this study is to develop a machine for harvesting royal jelly. During the last year, a prototype 'centrifugator' powered by an alternative motor (1/2 PS and 110V) was manufactured and tested for effectiveness in separating royal jelly. The best results were obtained with the centrifugator operating at 1750 rpm and equipped with a larva-separating screen having a mesh size of 0.608 mm. In related experiments, the percentage of royal jelly residue on screen, royal jelly residue in holders, and damaged larvae are 0.73%, 1.59% and 1.45%, respectively. The harvesting operation of royal jelly by using this centrifugator takes 9.42 minutes for one run (51 holder strips) neglecting time required for the last process of scraping-off the harvested royal jelly. When compared with the operating time of the manual harvesting operation (74.8 minutes) for the same workload, the developed centrifugator reduced the required labor tremendously.

Key words : Honeybee, Royal jelly, Centrifugator, Separation.

---

1. Contribution No. 1983 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Respectively, Assistant Researcher, Senior Engineer and Head, Associate Researcher (Corresponding author, e-mail: jrtsay @wufeng.tari.gov.tw), Department of Agricultural Engineering, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Associate Researcher and Section Chief, Miaoli District Agri. Improvement Station, Kungkuan, Miaoli, Taiwan, ROC.

中華農業研究

第四十八卷　第二期

中華民國八十八年六月出版

發行人：林俊義
總編輯：陳炳輝
編審委員：

農藝組：盧煌勝（主審）
王強生　呂秀英　郭益全　陳一心
楊純明　劉大江　劉新裕　蔡新聲

園藝組：蕭吉雄（主審）
王德男　施昭彰　徐信次　劉政道
歐錫坤

農化組：林木連（主審）
王鐘和　吳繼光　郭鴻裕　劉慧瑛

植病組：彭金騰（主審）
安寶貞　林正忠　張清安　程永雄
蔡武雄

昆蟲組：羅幹成（主審）
王清玲　何琦琛　周樑鎰　陳炳輝
陳健忠　鄭允　鄭清煥

農機組：梁連勝（主審）
黃禮棟　賴建洲　蔡致榮

另聘請農業評議委員或各大學院校有關學者專家擔任審查委員。

Vol. 48, No.2 Jun. 1999

JOURNAL

AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER : Chien-Yih Lin

EDITOR IN CHIEF : Bing-Huei Chen

EDITORIAL BOARD :

Chi-Hsiung Hsiao (Horticulture)
Mu-Lien Lin (Agri. Chemistry)
Lien-Sheng Liang (Agri. Engineering)
Kang-Chen Lo (Applied Zoology)
Hung-Shung Lu (Agronomy)
Jin-Torng Peng (Plant Pathology)

EDITORIAL ADVISORY BOARD :

Pao-Jin Ann
Chin-An Chang
Bing-Huei Chen
Chien-Chung Chen
Yi-Shin Chen
Ching-Huan Cheng
Edward Yun Cheng
Yung-Hsiung Cheng
Liang-Yih Chou
Horng-Yuh Guo
Chyi-Chen Ho
Hsin-Tszu Hsu
Li-Duhng Huarng
Yih-Chuan Kuo
Chien-Chou Lai
Cheng-Chung Lin
Tsung-Dao Liou
Dah-Jiang Liu
Huey-Ing Liu
Sin-Yie Liu
Hsiu-Ying Lu
Shyi-Kuan Ou
Jau-Chang Shih
Wu-Hsiung Tsai
Hsin-Sheng Tsay
Jyh-Rong Tsay
Chan-Sen Wang
Chong-Ho Wang
Chin-Ling Wang
Der-Nung Wang
Chi-Guang Wu
Chwen-Ming Yang

Reviewers of Related Fields are Invited from Universities, other Research Organizations, and the Evaluation Committee of Agricultural Researches, Taiwan Provincial Department of Agriculture and Forestry.

統一編號
030853880023

行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字二九八號
中華郵政中臺字第〇三〇九登記爲雜誌交寄

Vol. 48, No. 2 Jun. 1999

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

CONTENTS

Studies on the Genetic Relationship of Peanut Germplasm in Taiwan

II. Studies on the Genetic Relationship of Peanut Using Random Amplified Polymorphic DNA Analysis… Ming-Jen Fan, Shuen-Fang Lo, Jau-Yueh Wang, Ting-Rong Shu, When-Long Tsaus, Kin-Hsing Yang and Yan-Sin Cheng … 67

Dynamic Model of Harvest Index in Wetland Taro [*Colocasia esculenta* (L.) Schott]……………………Hsiu-Ying Lu, Chun-Tang Lu and Lit-Fu Chan … 86

Effect of Lime and Borax Applications on the Yield and Quality of Wasabi (*Wasabia japonica Matsum*) …………… Chong-Ho Wang, Min-Fu Hu, Chao-Tsun Lo, Yu-Wen Lin, Wei-Tin Huang and Lee-Rong Chiu …100

Influence of Biocides and Fertilizers on the VA Mycorrhizal Inoculation and Bulblet Growth of Oriental Lily…Chi-Guang Wu, Su-Chen Lin, Miao-Ling Lin, Gwo-Dean Wu and Wen-Huei Chen …128

Inoculation Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Phosphate-Solubilizing Bacteria on the Growth of Asian Hybrid Lily …………Su-Chen Lin, Chi-Guang Wu,Shan-Ney Huang and Kun-Huang Houng…135

Studies on the Production of Sclerotia by *Pleurotus tuber-regium* (Fr.) Singer ……………………………………………Meei-Hsing Chen and Jin-Torng Peng …143

A Check List of Mecoptera (Insecta) of Taiwan ………………………………Tung-Ching Hsu, Wen-Jer Wu and Liang-Yih Chou…149

Studies on the Centrifugal Separation of Royal Jelly ……………Lung-Hu Lu, Teng-Chen Wu, Lien-Sheng Liang and Jyh-Rong Tsay…156

Published by
TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE
Taichung, Taiwan, Republic of China